中国及（新）一线城市的科技研究前沿与热点参与情况①

杨　珪[1*]　罗雯琪[1]　戴　睿[1]　许智淑[2]　黄晴明[3]　齐佰超[4]　杨　玥[5]　曹　丽[6]

[1]（四川大学发展规划处　成都　610065）　[2]（四川大学商学院　成都　610065）

[3]（四川大学机械工程学院　成都　610065）　[4]（四川大学经济学院　成都　610065）

[5]（四川大学华西口腔医学院　成都　610065）

[6]（四川大学—香港理工大学灾后重建与管理学院　成都　610207）

[*]（四川省成都市一环路南一段 24 号，610065；15208209787；guiyang@scu.edu.cn）

摘要：科技与国家和城市发展紧密相关，前沿研究的参与状况反映其科技水平的重要方面。本文利用中国科学院与工程院的系列研究前沿报告、爱思唯尔主题显著性指标，分析了我国及（新）一线城市的科技研究前沿与热点参与情况，发现：我国参与世界科技研究前沿的程度有了极大的进步，但研究的水平还需要大力提升，我国整体和（新）一线城市总体上跟随得多，引领得少。从领域来看，前沿引领和跟随都较好的领域有数学/计算机科学与工程学、化学/化工与材料科学、物理学、地球科学、生态/环境科学与工程、生物/农业科学与工程、能源与矿业工程；总体在工程技术领域的前沿研究情况好于自然科学领域。从学科来看，（新）一线城市前沿主题分布在比较传统的学科且影响力较小，在工程、生物化学/遗传与分子生物学、医学等前沿学科分布较大的学科上表现还有差距。地域上，我国参与全球科技研究前沿的机构主要分布在沿海城市。城市表现上，从研究前沿来看，北京非常突出，其后上海、广州、武汉、南京、杭州、西安、长沙、成都、深圳的表现不错。从主题前沿来看，北京在贡献度、前沿性、影响力三方面的表现非常突出，广州、上海、南京、武汉等城市紧随其后，东莞、苏州、郑州、深圳、沈阳等城市在学术研究的前沿性上表现非常突出，而其他城市的各项表现均一般。

关键词：研究前沿；中国；（新）一线城市；参与度；贡献度；影响力

分类号：

Frontiers and Hotspots Participation of Scientific and Technological Research in China and the (New) First-Tier Cities

Yang Gui Ben[1*]　Luo Wenqi[1]　Dai Rui[1]

Xu Zhishu[2]　Huang Qingming[3]　Qi Baichao[4]　Yang Yue[5]　Cao Li[6]

[1]（Development and Planning Division, Sichuan University，Chengdu 610065, China）

[2]（Business School, Sichuan University，Chengdu 610065, China）

① 本文为四川大学“十四五”哲学社会科学重点研究领域成渝地区双城经济圈建设研究计划专项课题“成渝地区协同推进一流大学（学科）建设研究”（项目批准号：SCJJ-02）的阶段性成果。

作者介绍：杨珪（1986-），男，重庆黔江人，四川大学发展规划处工作人员，助理研究员，硕士，主要从事社会学、高等教育管理研究；罗雯琪（1996-），女，四川成都人，四川大学发展规划处工作人员，硕士，主要从事高等教育管理研究；戴睿（1988-），男，四川大邑人，四川大学发展规划处工作人员，助理研究员，博士，主要从事高等教育管理研究；许智淑（2000-），女，四川泸州人，四川大学商学院 2019 级本科生，主要从事公司金融、会计学研究；黄晴明（2001-），男，湖南娄底人，四川大学机械工程学院 19 级本科生，主要从事机械制造研究；齐佰超（1998-），男，山东菏泽人，四川大学经济学院 2021 级研究生，主要从事经济史研究；杨玥（2001-），女，四川泸州人，四川大学华西口腔医学院 2019 级本科生，主要从事口腔医学研究；曹丽（1986-），女，四川泸县人，四川大学—香港理工大学灾后重建与管理学院工作人员，硕士，主要从事灾害社会学研究。

[3] (School of Mechanical Engineering,Sichuan University，Chengdu 610065,China)
[4] (School of Economics,Sichuan University，Chengdu 610065,China)
[5] (West China School/Hospital of Stomatology, Sichuan University，Chengdu 610065,China)
[6] (Sichuan University-The Hong Kong Polytechnic University Institute for Disaster Management and Reconstruction，Chengdu 610207,China)
* (guiyang@scu.edu.cn)

Abstract: Abstract: Science and technology are closely related to the development of countries and cities. The participation in frontier research reflects an important aspect of the scientific and technological level of countries and cities. By using the data from the series of reports Research Fronts and Engineering Fronts published by the Chinese Academy of Sciences and the Chinese Academy of Engineering and the prominence percentile data from the Elsevier's SciVcl database, this paper analyzes the frontier and hotspots participation in scientific and technological research in China and (new) first-tier cities. The study found that China's participation in the world's frontiers of scientific and technological research has improved tremendously, but the level of research needs to be raised significantly. The country as a whole and (new) first-tier cities are generally more involved in frontier research areas but less pioneering. In terms of research areas, more frontier-led research with good participation was in mathematics/computer science and engineering, chemistry/chemical engineering and materials science, physics, earth sciences, ecology/environmental science and engineering, biological/agricultural science and engineering, and energy and mining engineering. Overall there is more frontier research in engineering and technology than in the natural sciences. In terms of the distribution of subject research in cities, the disciplines of frontier research in (new) first-tier cities are distributed in more traditional disciplines and are less influential, with gaps in performance in subjects where global frontier research is relatively concentrated, such as engineering, biochemistry/genetics and molecular biology and medicine. In terms of geographical distribution, the institutions involved in global frontier research in science and technology in China are mainly located in coastal cities. In terms of performance, with regard to research and engineering fronts, Beijing is outstanding, followed by Shanghai, Guangzhou, Wuhan, Nanjing, Hangzhou, Xi'an, Changsha, Chengdu and Shenzhen; with regard to topic fronts, Beijing stands out regarding publication share, prominence percentile and FWCI, followed by Guangzhou, Shanghai, Nanjing and Wuhan; Dongguan, Suzhou, Zhengzhou, Shenzhen and Shenyang stand out regarding prominence percentile, while other cities are average in all aspects.
Key words: Research Frontier; China; (New) First-Tier City; Publication Share; Prominence Percentile; FWCI

1 引言

现代国家竞争和发展的核心是科学技术，科技已成为一个国家的核心竞争力，而城市的发展总是与科技进步紧密相连。目前关于学术前沿的研究除相关领域的总数文献之外，多见分学科领域的研究[1-22]，更多偏重于学理上梳理，而《科技日报》“亟待攻克的核心技术”专栏对 35 项中国“卡脖子”核心技术[23]的梳理则是从国家社会需求来提出科技研究的方向。在全球范围内，这类对科研前沿和发展趋势研究的报告非常多，如美国的全球新兴科学和技术趋势报告[24],联合国开发计划署的发展 4.0[25]，还有相关议题的国际会议[29]。但对于研究前沿的参与情况，由于研究前沿的学术界定存在困难，缺乏研究的基础，之前少有研究。不过目前在文献计量数据的帮助下，学术界对全球范围所有学科这种大尺度的研究取得了一定进展，目前关于研究前沿的研究有中国科学院与工程院的系列研究前沿报告[30-42]、爱思唯尔主题显著性指标①，他们共同为学术前沿的研究奠定了相对稳固的基石，提供了基础的数据。在此基础上，也有相

① https://service.elsevier.com/app/answers/embed/a_id/28428/supporthub/scival/#panel1b。

关的解读[43]和为数不多分析[44-49]。本文正是利用其数据①，对中国和一线城市的参与情况进行研究，选择了北上广深 4 个一线城市和近 5 年新一线城市累计入选次数前 13 的城市②（后面简称（新）一线城市）作为分析对象，利用相关的指标与数据对其研究前沿参与情况进行分析，以期为各城市的科学研究和发展提供一定的数据参考，丰富城市创新力相关的研究[50-56]。

2 科学研究前沿与热点

中国科学院与中国工程院与科睿唯安(汤森路透)发布的自然科学与社会科学《研究前沿》③和工程技术《全球工程前沿》④系列报告。每年分别遴选自然科学与社会科学的 11 大学科的 150 个左右研究前沿（包括 100 多个前沿⑤和 50 个左右新兴前沿⑥），工程技术 90 余个全球工程研究前沿⑦和开发前沿⑧。两者都参考科睿唯安数据库的论文及引文数据，遴选并由专家（主要是院士）解读研究前沿和研究重点，但在具体细节上两者的方法存在差别。

自然科学与社会科学以 ESI 数据库中的 12147 个研究前沿为起点，先对每个 ESI 学科中的核心论文按照总被引频次排序，提取前 10%研究前沿，并将 20 个学科（不含工程学）整合到

---

① 本研究在整理《研究前沿》《工程前沿》数据的过程中，虽然经过了检查和比对，但在手动处理的过程中仍不免出现个别数据的录入错误，特此说明。

② 这 13 个城市是：长沙、成都、重庆、东莞、杭州、南京、青岛、沈阳、苏州、天津、武汉、西安、郑州。近 5 年城市商业魅力排行榜中新一线城市历年入选城市：

2021 年：成都、杭州、重庆、西安、苏州、武汉、南京、天津、郑州、长沙、东莞、佛山、宁波、青岛、沈阳；2020 年：成都、重庆、杭州、武汉、西安、天津、苏州、南京、郑州、长沙、东莞、沈阳、青岛、合肥、佛山；2019 年：成都、杭州、重庆、武汉、西安、苏州、天津、南京、长沙、郑州、东莞、青岛、沈阳、宁波、昆明；2018 年：成都、杭州、重庆、武汉、苏州、西安、天津、南京、郑州、长沙、沈阳、青岛、宁波、东莞、无锡；2017 年：成都、杭州、武汉、重庆、南京、天津、苏州、西安、长沙、沈阳、青岛、郑州、大连、东莞、宁波。

参见：https://baike.baidu.com/item/%E6%96%B0%E4%B8%80%E7%BA%BF%E5%9F%8E%E5%B8%82/12703052?fr=aladdin。

③ 中国科学院科技战略咨询研究院、中国科学院文献情报中心、科睿唯安（汤森路透知识产权与科技事业部）等联合发布，各年的署名单位不一。已发布 2011-2021 年的报告。

先由科睿唯安提供研究前沿的核心论文及其施引论文的数据提供由科睿唯安负责；中国科学院科技战略咨询研究院科技战略情报研究所遴选和解读研究前沿的分析和重点研究前沿（包括重点热点前沿和重点新兴前沿）。

④ 中国工程院战略咨询中心、科睿唯安联合发布。已发布 2017-2021 年的报告。

工程研究前沿由科睿唯安基于 Web of Science 核心合集的 SCI 期刊论文和会议论文数据，通过共被引聚类方法获得文献聚类主题，也通过专家提名备选工程研究前沿；然后经过专家论证、提炼得到备选工程研究前沿，再经过问卷调查和多轮专家研讨，遴选得出每个的工程研究前沿。

⑤ （原文为热点前沿，这里统称为前沿）首先把 ESI 数据库的 21 个学科划分到 11 个高度聚合的大学科（不含工程学）中，然后对每个 ESI 学科中的研究前沿的核心论文，按照总被引频次进行排序，提取排在每个 ESI 学科前 10%的最具引文影响力的研究前沿，并将其整合到 11 大学科中，以此数据为基础，再根据核心论文出版年的平均值重新排序，遴选出每个中那些“最年轻”的研究前沿，并由各学科战略情报研究人员进行调整和归并。通过上述几个步骤在每个大学科分别选出 10 个热点前沿，共计 110 个热点前沿。因为每个具有不同的特点和引用行为，有些学科中的很多研究前沿在核心论文数和总被引频次上会相对较小，所以从 11 大学科中分别遴选出的排名前 10 的热点前沿，代表各大学科中最具影响力的研究前沿，但并不一定代表跨数据库（所有学科）中最大最热的研究前沿。

⑥ 一个研究前沿有很多新近的核心论文，通常提示其是一个快速发展的专业研究方向。为了选取新兴的前沿，组成研究前沿的基础文献即核心论文的时效性是优先考虑的因素。为了识别新兴前沿，对研究前沿中的核心论文的出版年赋予了更多的权重或优先权，只有核心论文平均出版年在两年前 6 月之后的研究前沿才被考虑，将每个 ESI 学科的研究前沿按被引频次从高到低排序，选取被引频次排在前 10%的研究前沿，然后各学科战略情报研究人员经过调研和评审，遴选出每个 ESI 学科中的新兴前沿，并将其整合到 11 大学科中，从而遴选出了 11 大学科的新兴前沿。遴选不限定学科，因此新兴前沿在 11 大学科中分布并不均匀。

⑦ 工程研究前沿的基础：一是科睿唯安基于 Web of Science 核心合集的 SCI 期刊论文和会议论文数据，通过共被引聚类方法获得文献聚类主题；二是专家提名备选工程研究前沿。两种途径获得的前沿经过专家论证、提炼得到备选工程研究前沿，再经过问卷调查和多轮专家研讨，遴选得出每个 10 个左右工程研究前沿。

⑧ 工程开发前沿的基础，一是主要以科睿唯安公司的 Derwent Innovation 专利数据库为原始数据，通过建立德温特专利分类号与中国工程院学部专业划分体系的映射关系，获得分析的基础数据，而后对 9 个 53 个学科组被引频次位于前 10000 的高影响力专利进行主题聚类，获得 53 张专利地图，专家从专利地图中解读出备选工程开发前沿，其中工程管理作为单独的学科组进行分析；二是专家提名或小同行专利分析备选工程开发前沿。两种方式获得的备选开发前沿通过问卷调查和多场研讨，最终获得每个 10 个左右工程开发前沿。

11 大学科中，再根据核心论文出版年的平均值排序遴选出“最年轻”的研究前沿，并进行调整和归并。重点研究前沿依据（2014 年后）核心论文年篇均被引频次（CPT）指数：

$$CPT=(C/P)/T=\frac{C}{P*T}$$

其中，C 为施引论文数即引用核心论文的论文数量，P 为该核心论文数，T 为施引论文所发生的年数[①]。在遴选新兴前沿时核心论文的出版年赋予了更多的权重或优先权，只有核心论文平均出版年在两年前 6 月之后的研究前沿才被考虑。

而工程技术的前沿则一开始就由科睿唯安提供文献聚类主题和专家提名备选工程前沿，然后通过论证、提炼、调查和研讨遴选出前沿。

爱思唯尔 Scopus 数据库的主题显著百分位（Prominence percentile）用来衡量某一研究的发展状况，反应了学科的研究热度，在其 SciVal 模块可以查询。主题显著性的计算方法见图 1，形式为百分数，分值越大表示影响越大也更受关注。而主题依据 1996 年至今 Scopus 收录的文献（涵盖 95%的文献），根据引文关系将它们聚类到近 96000 个研究主题（Topic）中，将具有相似研究兴趣的主题聚集在一起，形成主题簇（Topic Cluster），共有约 1500 个主题簇，每篇文章只属于一个主题和主题簇[②]。

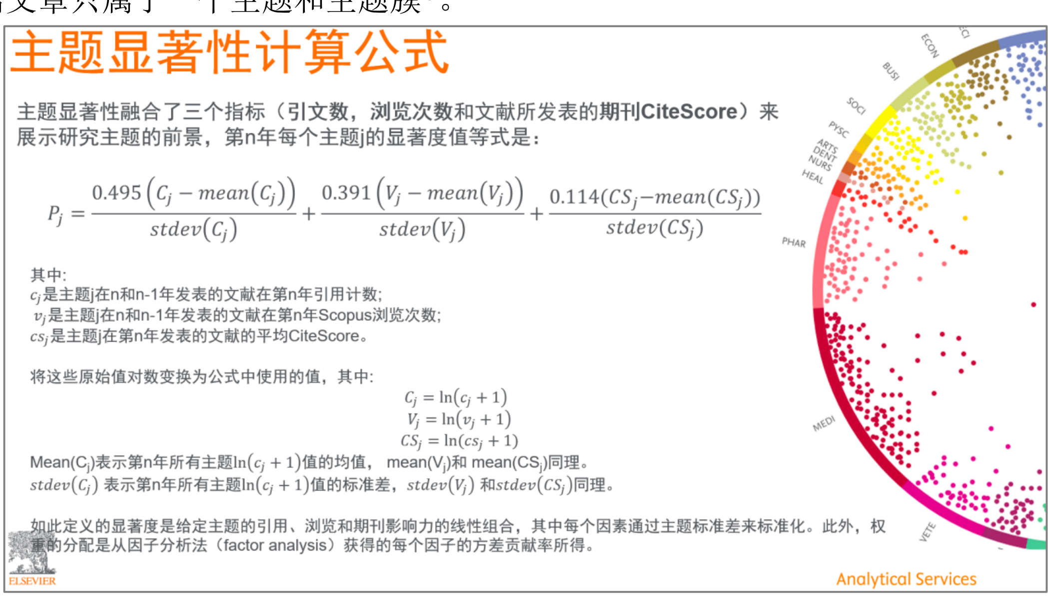


图 1 爱思唯尔 SciVal 数据库主题显著性（Prominence percentile）指标计算方法

3 国家及（新）一线城市科学研究前沿的参与情况

3.1 前沿研究

（1）自然科学与社会科学研究前沿及参与情况

[①] ESI 数据库用共被引文献簇（核心论文）来表征研究前沿，并根据文献簇的元数据及其统计结果揭示研究前沿的发展态势，其中核心论文数（P）总量标志着研究前沿的大小，文献簇的平均出版年和论文的时间分布标志着研究前沿的进度。

CPT 实际上是一个研究前沿的平均引文影响力和施引论文发生年数的比值，该指标越高代表该前沿越热或越具有影响力。它反映了某研究前沿的引文影响力的广泛性和及时性。该指标既考虑了某研究前沿受到关注的程度，即有多少施引论文引用研究前沿中的核心论文，又反映了该研究前沿受关注的年代趋势，即施引论文所发生的年度，从最早的施引论文出版年到现在的累计年度。

在研究前沿被持续引用的前提下，当两个研究前沿的 P 和 T 值分别相等时，则 C 值较大的研究前沿的 CPT 值也随之较大，指示该研究前沿引文影响力较大。当两个研究前沿的 C 和 P 值分别相等时，则 T 值较小的研究前沿的 CPT 值相反会较大，指示该研究前沿较热。当两个研究前沿的 C 和 T 值分别相等时，P 值较小的研究前沿的 CPT 反而会较大，指示该研究前沿引文影响力较大。

[②] 但一个主题和主题簇可以归属到不同的 ASCJ 学科，在其他学科分类框架体系中也一样。

① 全球自然科学与社会科学研究前沿与新兴前沿

2013-2021 九年共遴选 868 个[①]自然科学与社会科学的前沿研究，其词云图见图 2。可以看出，前沿研究主要集中在几大领域：1）疾病尤其是肿瘤癌症的治疗，及其相关的分子机制、细胞机理和 DNA、基因组、蛋白等途径；2）从中微子、费米子、引力波、暗物质探测到中子星、地外行星观测，天文望远镜巡天等相关的空间物质研究；3）从石墨烯到金属、钙钛矿各种材料制备及其过程中的催化，到复合材料及其在电极、超导方面的应用；4）从海洋环境、物种多样性观测到气候变化，及太阳能等清洁能源方案相关的基础研究，5）电子量子信息数字科学及算法、密钥、方程及其拓扑等数学基础。



图 2　2013-2021 九年共 868 个自然科学与社会科学的前沿研究热点词云图

备注：为运用 python 语言使用 jieba 库对其前沿名称进行分词并手动剔除常见词后制作的词云图。后同。

2013-2021 九年共 390 个自然科学与社会科学的新兴前沿研究，其词云图见图 3，这些新兴前沿主要是：1）新冠及检测诊断、疫苗研发及病毒机理，肿瘤白血病等抑制剂；2）引力波、暗物质的观测；3）钙钛矿型太阳能电池，电极材料，二硫化金属、二硒化金属、硒化铁等超导绝缘材料；4）催化反应及催化剂，等等。



图 3　2013-2021 九年共 868 个自然科学与社会科学的新兴前沿研究词云图

由于各领域新兴前沿未给出更进一步的数据，没有国家及机构信息，后面仅以研究前沿展开分析。

② 国家参与情况

目前中国在 101 个重点前沿[②]中是核心论文的主要产出国，仅次于美国的 145，英国的 106，

① 前沿研究名称各年一致的只计一次。后同。

② 2013-2021 九年共介绍了 150 重点前研的产出情况。

在介绍重点前沿的产出和施引情况时，部分前沿报告中未完全统一列出产出和施引情况，故和后面的介绍的重点前沿数据不一致，特此说明。后同

德国的 103，见图 4。从最新数据看，中国贡献的重点前沿数已超过美国，为全球最多的国家（见图 5）。

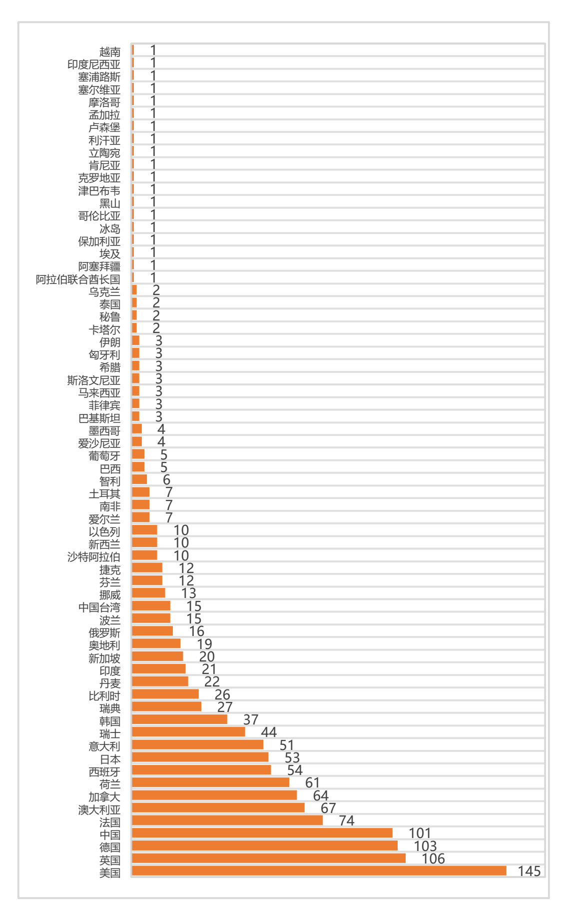


图 4 各国引领（产出重点前沿核心论文）重点前沿数

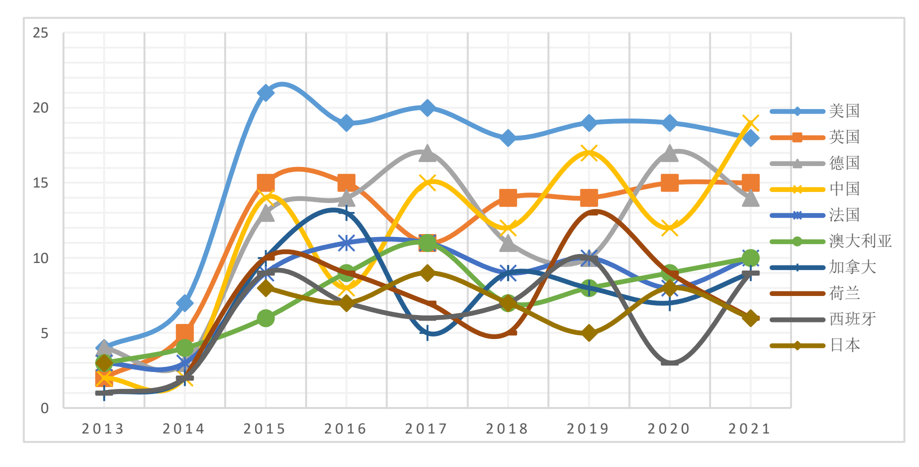


图 5 逐年各国引领（产出重点前沿核心论文）重点前沿数（前 10）

目前中国是 140 个重点前沿[①]核心论文的主要施引国，仅次于美国的 161 个、英国的 150 个、德国的 149 个，见图 6。从最新数据看，中国参与的重点前沿数已超过德国，为全球第 3（见图 7）。

[①] 2013-2021 十年共介绍了 161 个重点前沿的施引情况。

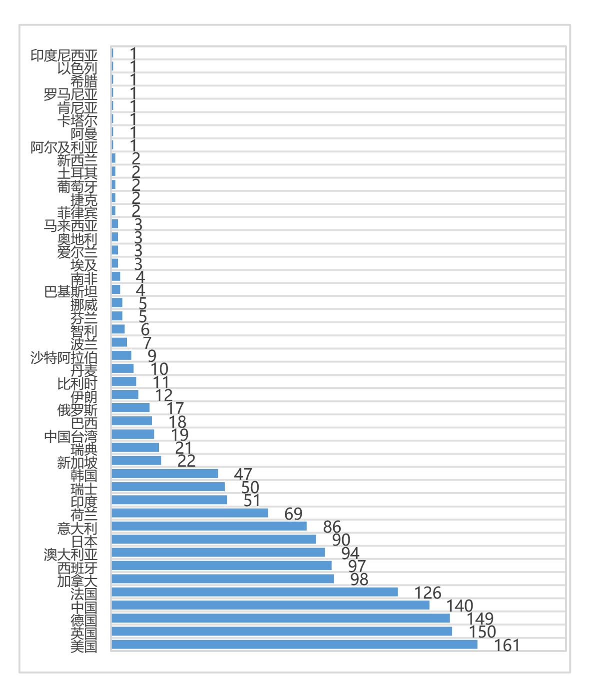


图 6 各国参与（施引重点前沿核心论文）重点前沿数

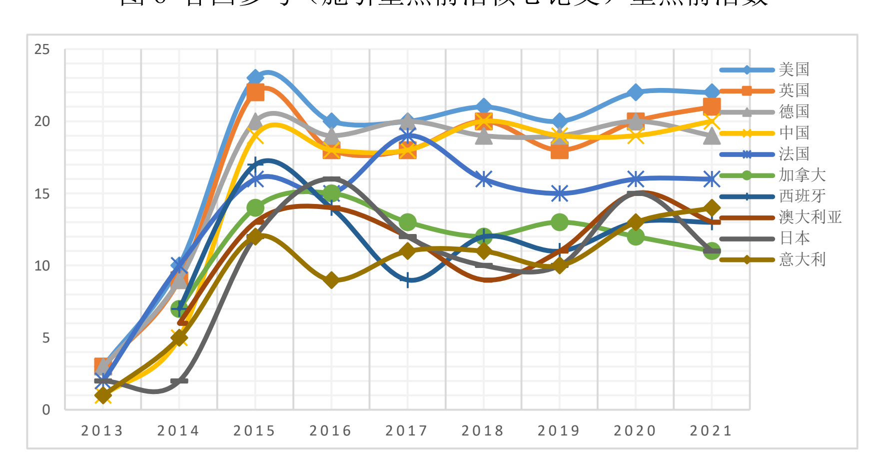


图 7 逐年各国参与（施引重点前沿核心论文）重点前沿数（前 10）

③ （新）一线城市参与情况

2013-2021 年国内各城市机构与中科院①是重点前沿②的核心论文主要产出机构的频次累计 259 次。对比来看，北京市机构是前沿领域核心论文的主要产出机构的频次累计最大，达到 63，其次是中科院（44 次），再次是香港、上海、武汉、南京（频次累计分别为 19、19、17、13），详见表 1。

表 1 各城市机构与中科院引领重点前沿（为核心论文产出机构）数

北京市	1	1	9	5	12	9	10	5	11	63
中科院	1		4	5	9	6	7	6	6	44
上海市		2	1	1		4	2	3	6	19
武汉市			1		1	2	2		11	17

① 其中中科院因为机构体系特殊，故单列。后同。
② 前沿报告还对部分重点领域进行了分析，展现了这些前沿核心论文的主要产出/施引国/机构。

南京市			2	1	1	1	3	3	2	13
杭州市		1	4		1		3			9
广州市			7					2		9
西安市				1	1	1		2	1	6
重庆市					1		1	2	1	5
长沙市	1						2	1		4
天津市		1							1	2
成都市			1			1				2
深圳市						1			1	2
青岛市					1					1
总计	3	5	29	13	27	25	30	24	40	196
中国总计	**3**	**12**	**39**	**17**	**31**	**33**	**38**	**34**	**52**	**259**

备注：其中中科院因为机构体系特殊，故单列。存在部分（新）一线城市没有机构作为核心论文主要产出机构的情况，下同。

2013-2021 年我国在数学/计算机科学与工程学、化学与材料科学、物理学、地球科学等领域引领态势更突出。（新）一线城市中北京的数学/计算机科学与工程学、地球科学、化学与材料科学、农业科学/植物学与动物学、物理学、生物科学，南京的数学/计算机科学与工程学、表现突出，南京、广州的化学与材料科学、武汉的临床医学较突出，详见图 8。城市机构各领域核心论文占机构核心论文比例的均值反映了城市中这些引领全球研究的机构在该学科领域优势的突出程度，均值越大说明城市引领态势越好，因此从图 9 可以看出，北京、武汉、南京、上海、西安等城市在自然科学与社会科学各领域研究中的引领态势好，而天津、深圳、广州等城市只在一两个学科中的引领态势突出。

领域	北京市	中科院	南京市	武汉市	上海市	广州市	西安市	杭州市	重庆市	长沙市	深圳市	天津市	成都市	青岛市	总计	中国核心论文总数
数学、计算机科学与工程学	67	31	73	16	16	14	5		7			7	6		242	288
化学与材料科学	46	66	24	6	9	24	7	8	3		2				195	228
物理学	28	61		7	1		6				8				111	145
地球科学	62	21	2				7	4		4				6	106	131
农业科学、植物学和动物学	29	41		3					3	2					78	78
生态与环境科学	15	33	3	3	9					3					66	85
经济学、心理学及其他社会科学	8	15	12	9	10					4					58	75
生物科学	27	9	4		3			13							56	77
临床医学	12	2		30	2										46	50
信息科学		6					3		4						13	19
总计	294	285	118	74	50	38	28	25	17	13	10	7	6	6	971	1176

图 8　（新）一线城市、中科院与全国核心论文产出的领域分布

备注：论文统计的机构仅限于为核心论文主要产出机构，领域仅限于展示的重点前沿领域。下同。

领域	天津市	南京市	武汉市	中科院	深圳市	北京市	广州市	西安市	青岛市	成都市	重庆市	上海市	长沙市	杭州市	总计	中国各城市机构本领域核心论文占机构核心论文比例的均值
临床医学			33.64%	33.30%		34.70%						6.90%			32.09%	31.21%
物理学			22.60%	31.05%	20.00%	14.82%		11.40%				3.20%			20.22%	17.81%
农业科学、植物学和动物学			18.80%	19.73%		19.36%					6.80%		6.10%		18.06%	18.06%
数学、计算机科学与工程学	27.15%	35.44%	25.60%	16.34%		15.37%	8.43%	10.90%		11.20%	15.60%	9.60%			16.96%	15.89%
化学与材料科学		21.03%	8.33%	27.39%	16.70%	12.91%	20.00%	15.90%			6.80%	14.20%		8.13%	16.72%	15.67%
信息科学				19.90%				16.70%			12.90%				16.46%	16.53%
地球科学		5.90%		12.85%		20.88%		14.60%	12.50%				11.80%	11.80%	16.44%	14.64%
生态与环境科学		13.60%	6.00%	21.67%		15.83%						9.00%	10.70%		16.11%	15.86%
生物科学		12.50%		18.75%		12.13%						9.40%		9.33%	12.11%	13.32%
经济学、心理学及其他社会科学		15.40%	14.50%	19.65%		7.13%						8.53%	10.30%		12.03%	11.25%
总计	27.15%	23.32%	22.83%	22.19%	18.35%	17.06%	14.86%	13.48%	12.50%	11.20%	11.00%	9.85%	9.73%	9.07%	17.58%	16.48%

图 9 （新）一线城市、中科院与全国核心论文占机构论文比例均值的领域分布

2013-2021 年国内各城市机构与中科院是重点前沿[①]的核心论文主要施引机构的频次累计 390 次。对比来看，中科院是前沿领域核心论文的主要施引机构的频次累计最大，达到 101，其次是北京（92 次），再次是南京、武汉、上海、杭州（频次累计分别为 26、23、21、17），详见表 2。

表 2 各城市机构与中科院参与重点前沿（为核心论文主要施引机构）的情况

城市/机构	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	总计
中科院	4	13	12	13	13	16	14	16	101
北京市	1	7	8	17	11	18	13	17	92
南京市	1	1	2	4	7	5	3	3	26
武汉市		3	2	3	4	1	2	8	23
上海市		3	1		1	4	2	10	21
杭州市	1	3	1	1	2	2	3	4	17
广州市	1	4	2		1	1	3		12
西安市		1		2	2	1	2	3	11
成都市				1	3	1	2	2	9
天津市	1	1	1	1			1	3	8
长沙市			1		1	3			5
重庆市		2				1		1	4
苏州市		1	1					1	3
青岛市					1				1
郑州市							1		1
深圳市								1	1
总计	9	39	31	42	46	53	46	69	335
中国总计	12	48	42	47	52	62	52	75	390

备注：其中中科院因为机构体系特殊，故单列。存在部分（新）一线城市没有机构作为核心论文主要施引机构的情况，下同。

2013-2021 年我国在化学与材料科学、数学/计算机科学与工程学、地球科学、物理学、生态与环境科学等领域关注最多（施引前沿领域核心论文数大）。（新）一线城市中，北京主要关注地球科学、数学/计算机科学与工程学、化学与材料科学、生态与环境科学、物理学、信息科学，南京主要关注数学/计算机科学与工程学、武汉主要关注临床医学、广州主要关注化学与材料科学，其余城市对前沿核心论文关注度较低，详见图 10。从图 11 可以看出，南京、北京、武汉、西安、上海、杭州、广州、成都等城市在自然科学与社会科学各领域研究中差不多个领域学科前沿的发展，学科分布较均衡、施引的比例大，青岛、深圳、重庆等城市则集中在一两个学科。

[①] 前沿报告还对部分重点领域进行了分析，展现了这些前沿核心论文的主要产出/施引国/机构。

领域	中科院	北京市	南京市	武汉市	上海市	广州市	杭州市	西安市	天津市	成都市	长沙市	苏州市	重庆市	郑州市	深圳市	青岛市	总计	中国核心论文的施引论文总数
化学与材料科学	2271	556	227	33	211	437	208	46	101	19	40	141		51	33		4374	5337
数学、计算机科学与工程学	749	652	1260	370	127	42	27	236	105	109	74		63			14	3828	4201
地球科学	1562	1435	47	130			40	90		33	86						3423	3677
物理学	2072	433	121														2626	2983
生态与环境科学	1145	502	173	40	147		74	37	37	32	38						2225	2467
临床医学	308	212		1171	254	42											1987	1987
农业科学、植物学和动物学	934	398	44	109	92												1577	1577
生物科学	447	383		271	187	46	150										1484	1674
天文学与天体物理学	1387		85														1472	1472
信息科学	334	455	189	31		35	92	127	30	61			62				1416	1441
经济学、心理学及其他社会科学	236	352	30														618	860
总计	11445	5378	2176	2155	1018	602	591	536	273	254	238	141	125	51	33	14	25030	27676

图 10　（新）一线城市、中科院与全国核心论文的施引论文领域分布

备注：论文统计的机构仅限于为核心论文主要施引机构，领域仅限于展示的重点前沿领域。下同。

领域	中科院	南京市	北京市	青岛市	西安市	武汉市	深圳市	天津市	重庆市	上海市	广州市	成都市	长沙市	杭州市	苏州市	郑州市	总计	中国各城市机构核心论文的施引论文占机构论文比例的均值
物理学	13.23%	4.30%	4.73%														9.65%	8.81%
天文学与天体物理学	8.90%	4.30%															8.39%	8.39%
地球科学	9.75%	2.30%	8.69%		7.30%	10.60%						3.70%	2.10%	2.00%			8.19%	7.89%
生态与环境科学	9.21%	4.75%	6.34%		4.80%	2.50%		2.40%		4.35%		2.00%	2.30%	2.55%			6.12%	6.01%
农业科学、植物学和动物学	6.09%	4.30%	5.19%			4.77%				2.20%							5.32%	5.32%
经济学、心理学及其他社会科学	5.20%	4.50%	5.30%														5.19%	4.44%
数学、计算机科学与工程学	5.94%	10.13%	4.61%	4.90%	5.00%	4.04%		4.13%	2.63%	4.05%	2.10%	3.43%	3.30%	2.35%			4.99%	4.91%
化学与材料科学	10.34%	4.18%	3.03%		3.50%	3.00%	3.40%	2.80%		3.38%	3.46%	2.00%	3.70%	2.95%	2.60%	2.20%	4.90%	4.60%
信息科学	5.80%	3.73%	3.41%		2.70%	2.90%		2.50%	4.70%		3.30%	2.80%		2.13%			3.50%	3.46%
生物科学	4.10%		3.26%			2.33%				2.83%	2.70%			3.03%			3.23%	3.58%
临床医学	2.20%		1.20%			3.78%				1.47%	2.00%						2.46%	2.46%
总计	8.45%	5.76%	5.02%	4.90%	4.22%	3.99%	3.40%	3.21%	3.15%	3.11%	3.03%	3.00%	2.70%	2.65%	2.60%	2.20%	5.51%	5.34%

图 11　（新）一线城市、中科院与全国核心论文的施引论文占机构论文比例均值的领域分布

结合表 1、表 2 两个表数据可以看出，我国机构自然科学与社会科学前沿研究参与情况好于引领情况，从年份数据可以看出，国内机构在引领和参与前沿研究上近年的表现越来越好。

④ 小结

综上所述，总体上我国及各城市参与情况好于引领情况。从我国的表现来看，我国在前沿研究中的表现提升迅速，总体已接近前沿参与情况最好的美国。从城市数据来看，北京明显好于其他城市，上海、武汉、南京、杭州、西安、等城市在自然科学领域的表现紧随其后，在工程技术领域紧随其后的则为上海、武汉、南京、长沙、西安，工程开发上还有上海、广州、深圳、成都、杭州的表现不错，而其他城市的表现则不那么突出。

（2）工程研究前沿及参与情况

①工程研究前沿

1）全球工程研究前沿

2017-2021 五年共遴选出 461 个工程研究前沿，其词云图见图 12。可以看出，工程前沿研究主要集中在以下几大领域：1）各种功能材料、催化剂、电极、生物医学材料及纳米改性、复合材料；2）大数据、区块链、人工智能、共享经济、机器人、芯片等电子信息数字科学；3）太阳能、氢气、核能等清洁能源，储能设备与气候变化和环境污染等；4）土壤真菌、育种与农业；5）肿瘤免疫/靶向治疗，医学大数据等。



图 12　2017-2021 九年工程前沿研究热点词云图

2）国家参与情况

目前中国在 129 个重点前沿[①]中是核心论文的主要产出国，仅次于美国的 136，见图 13。从最新数据看，中国贡献的重点前沿数已与美国持平，同为全球最多的国家（见图 14）。

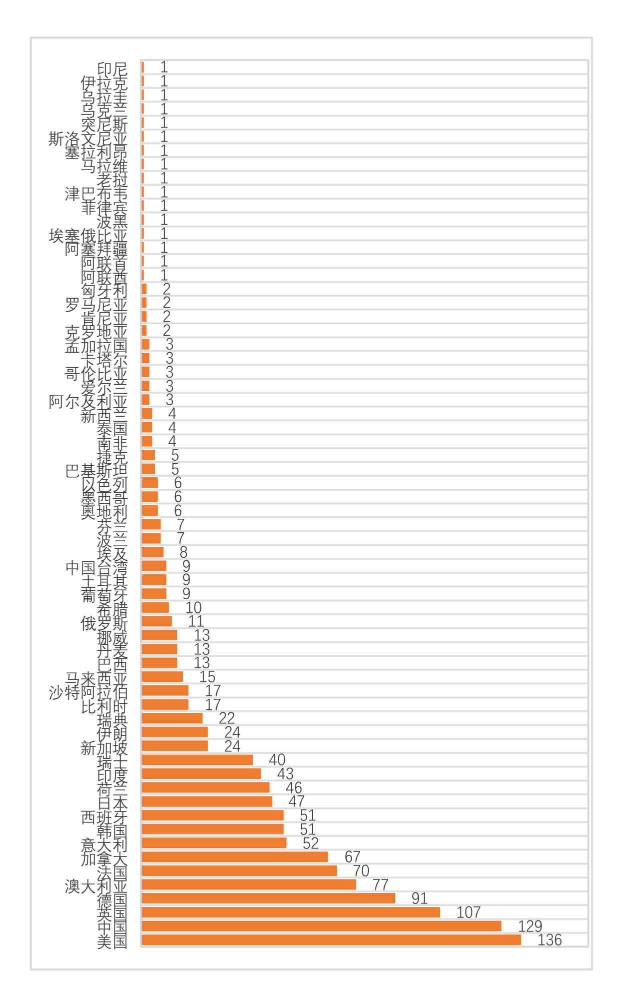


图 13 各国引领（产出研究焦点核心论文）研究前沿数

[①] 2017-2021 五年共介绍了 141 重点前沿的主要产出情况。

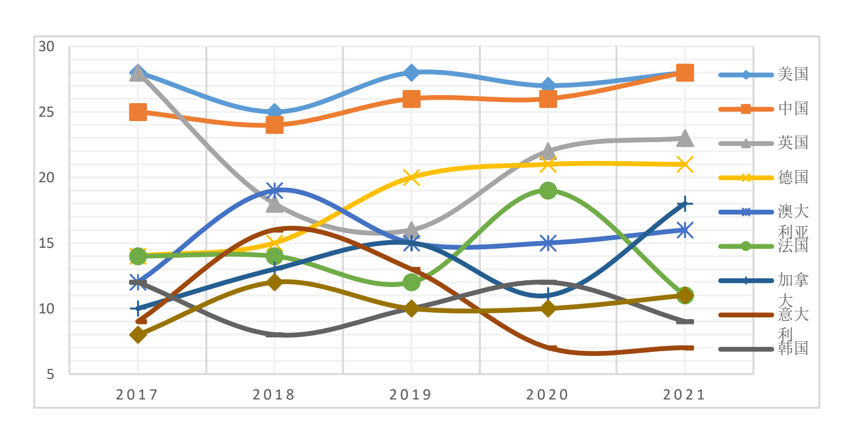


图 14 逐年各国引领（产出研究焦点核心论文）研究前沿数（前 10）

目前中国是 117 个重点前沿[①]核心论文的主要施引国，低于美国的 121 个、高于英国的 110 个、澳大利亚的 89 个，见图 15。从最新数据看，中国参与参与重点前沿的速度在加快（见图 16）。

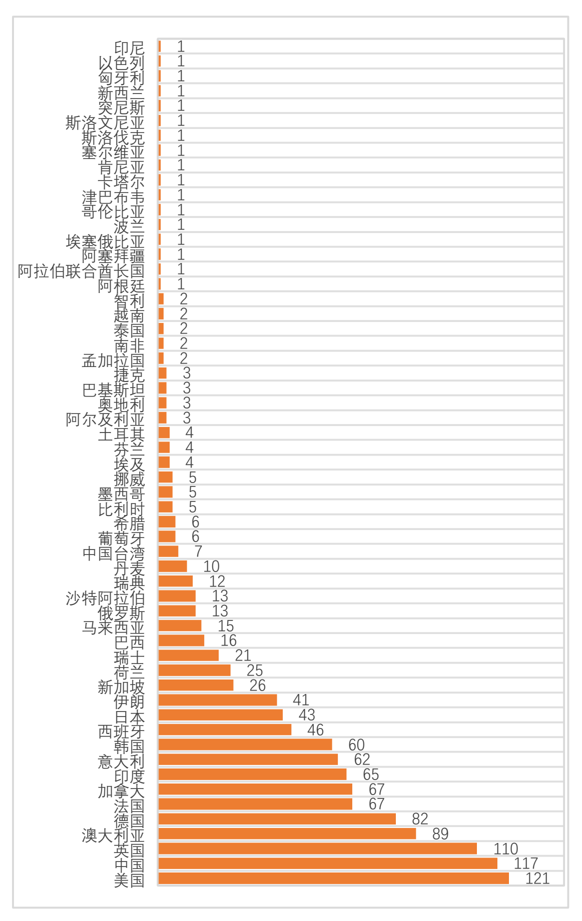


图 15 各国参与（施引重点前沿核心论文）重点前沿数

① 2017-2021 五年共介绍了 125 个重点研究前沿的施引情况。

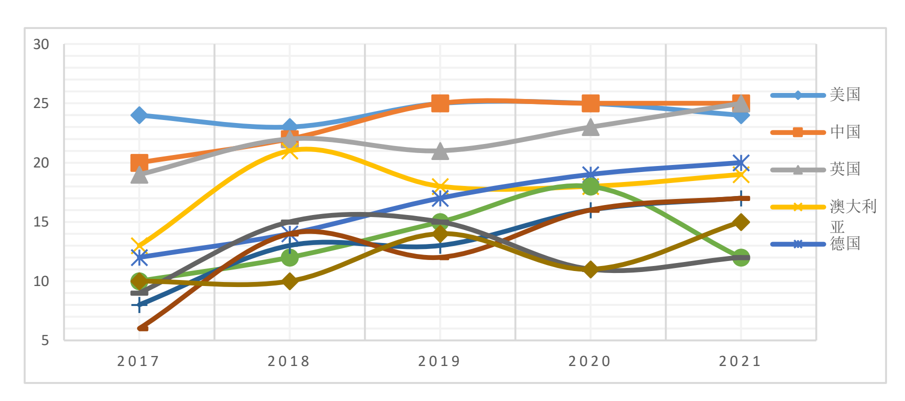


图 16　逐年各国参与（施引重点前沿核心论文）重点前沿数（前 10）

3）（新）一线城市参与情况

目前各城市机构和中科院是重点前沿研究核心论文的主要产出机构的频次累计 348 次①。对比来看，北京市机构是前沿领域核心论文的主要产出机构的频次累计最大，达到 64，其次是中科院（54 次），再次是上海、香港、武汉、南京、西安（频次累计分别为 33、22、20、19、19），详见表 3。

表 3　各城市机构与中科院引领研究焦点（为核心论文主要产出机构）的情况

城市/机构	2017	2018	2019	2020	2021	总计
北京市	6	14	9	22	13	64
中科院	7	9	9	14	15	54
上海市	6	7	4	7	9	33
武汉市	4	3	4	5	4	20
南京市	5	5	2	4	3	19
西安市	1	3	1	6	8	19
长沙市	5	2	3		4	14
成都市		3	1	2	4	10
广州市			1	2	7	10
天津市	2	4		1		7
青岛市		2	2		2	6
重庆市	2		1	1	1	5
杭州市	1	1		1	2	5
苏州市		1		1	1	3
郑州市		1			2	3
沈阳市				1	1	2
深圳市					2	2
总计	**39**	**55**	**37**	**67**	**78**	**276**
中国总计	**53**	**68**	**49**	**76**	**102**	**348**

备注：其中中科院因为机构体系特殊，故单列。存在部分（新）一线城市没有机构作为核心论文主要产出机构的情况，下同。

2017-2021 年我国在化工/冶金与材料工程、医药卫生、环境与轻纺工程、信息与电子工程

① 在 2017-2021 五年共介绍了 111 个重点工程前沿研究的核心论文产出情况。

等领域引领态势更突出，核心论文多且影响力大，见图 17、18。（新）一线城市中北京的化工/冶金与材料工程、环境与轻纺工程、信息与电子工程、能源与矿业工程表现突出，上海在医药卫生、化工/冶金与材料工程、环境与轻纺工程，武汉在医药卫生、土木/水利与建筑工程、能源与矿业工程，西安在化工/冶金与材料工程、能源与矿业工程，南京在信息与电子工程，长沙在机械与运载工程，杭州、苏州在化工/冶金与材料工程，成都在信息与电子工程领域较突出，详见图 19。北京、武汉的医药卫生，西安的化工/冶金与材料工程，成都的信息与电子工程，广州、郑州的环境与轻纺工程，长沙的土木/水利与建筑工程领域的核心论文引用表现突出，详见图 18。从图 19 可以看出，南京、长沙、北京、上海、西安、武汉等城市在工程技术各领域研究中引领的态势好，而苏州、成都、天津、重庆、青岛、杭州等城市集中在一两个领域引领态势突出。

领域	中科院	北京市	上海市	武汉市	西安市	南京市	长沙市	杭州市	成都市	广州市	苏州市	重庆市	青岛市	天津市	沈阳市	郑州市	深圳市	总计	中国核心论文总数
化工、冶金与材料工程	337	111	72	24	37	11	10	46		6	36		9		12			711	826
医药卫生	218	28	117	71						8						3		445	570
环境与轻纺工程	249	87	45	10	9	27	12		0	5	0					0		444	472
信息与电子工程	34	63	4	18	30	47			31	14		11		13			2	267	305
能源与矿业工程	67	41	19	32	34		7		5	0			17			3		225	328
土木、水利与建筑工程	30	9	17	54	3	10	13	3		4		7		2				152	201
机械与运载工程	6	28	12	3	14	8	55	1	4					3				134	175
工程管理	30	13	23	6	2	2	6					13		4				99	148
农业	33	28				7			2	0								70	76
总计	1004	408	309	218	129	112	103	50	42	37	36	31	26	22	12	6	2	2547	3101

图 17　（新）一线城市、中科院与全国核心论文产出的领域分布

备注：论文统计的机构仅限于为核心论文主要产出机构，领域仅限于展示的重点前沿领域。下同。

领域	成都市	深圳市	苏州市	北京市	中科院	广州市	西安市	郑州市	上海市	武汉市	杭州市	长沙市	沈阳市	南京市	重庆市	天津市	青岛市	总计	中国各机构核心论文篇均被引频次
医药卫生				538.67	236.22	121.38		47.00	71.11	184.21								221.84	194.70
化工、冶金与材料工程			54.50	77.08	41.73	61.67	136.32		88.43	64.60	19.78	0.05	25.85	54.91			0.12	59.42	50.78
信息与电子工程	230.20	39.00		16.92	36.60	59.50	27.55		0.20	59.44				17.31	26.21	0.22		48.31	47.06
环境与轻纺工程	63.33		83.75	34.35	32.43	113.00	35.52	103.50	35.81	24.71				0.14				37.77	41.91
土木、水利与建筑工程		157.67		30.56	21.40	30.38	67.00		23.16	16.85	18.00	102.18		22.40	0.04	0.05		36.17	34.11
机械与运载工程	40.50			29.43	0.20		55.08		36.24	40.02	80.00	0.44		31.17		53.00		32.89	29.33
农业	0.06			21.31	45.90	29.65								0.02				27.38	28.12
能源与矿业工程	4.20			9.46	41.73	31.82	3.61	0.00	0.03	4.52		12.71					4.97	15.21	18.87
工程管理				37.87	0.56		3.03		0.21	0.09		8.72		23.00	10.90	0.05		12.04	13.49
总计	129.96	98.34	64.25	63.81	62.27	56.38	53.43	50.17	40.14	31.60	31.47	28.90	25.85	22.16	14.85	7.68	4.16	50.96	46.18

图 18　（新）一线城市、中科院与全国核心论文篇均被引频次的领域分布

领域	苏州市	成都市	南京市	长沙市	天津市	北京市	中科院	上海市	西安市	重庆市	武汉市	青岛市	杭州市	沈阳市	深圳市	广州市	郑州市	总计	中国各城市机构本领域核心论文占机构核心论文比例的均值
机械与运载工程		60.00%	24.61%	41.98%	12.00%	18.63%	33.33%	14.48%	24.00%		15.56%		20.00%					23.81%	23.01%
信息与电子工程		6.70%	15.79%		18.06%	24.44%	6.43%	13.15%	9.55%	6.90%	3.66%				4.88%	2.85%		13.75%	12.95%
工程管理			7.41%	7.22%	8.06%	10.78%	60.00%	24.94%	6.79%	16.32%	10.22%							13.75%	12.35%
化工、冶金与材料工程	26.14%		6.14%	10.33%		7.11%	10.18%	7.82%	11.17%		22.52%	26.47%	3.44%	5.56%		2.40%		10.06%	9.32%
土木、水利与建筑工程			25.00%	6.05%	5.88%	8.35%	12.01%	11.08%	5.77%	3.80%	11.26%		7.50%			6.90%		10.01%	9.15%
环境与轻纺工程			15.44%	8.70%		6.81%	12.71%	6.18%	4.06%		3.82%					7.25%		8.97%	8.60%
农业		4.76%	1.43%			6.98%	11.61%											7.88%	8.63%
医药卫生						7.37%	7.52%	8.65%			2.62%					2.56%	3.33%	7.20%	7.32%
能源与矿业工程		11.36%		1.87%		6.12%	6.11%	4.50%	5.84%		3.32%	4.21%					4.00%	5.36%	5.49%
总计	26.14%	18.85%	16.36%	16.13%	12.59%	12.58%	11.03%	10.67%	10.32%	10.04%	9.54%	8.66%	7.56%	5.56%	4.88%	4.39%	3.67%	11.86%	11.34%

图 19　（新）一线城市、中科院与全国核心论文占机构论文比例均值的领域分布

另外（新）一线城市核心论文中常被引论文（引用速度全球前 10%）43 篇（全国 48 篇）、专利引用论文篇数 2 篇（全国 2 篇）。

在 2017-2021 五年工程前沿研究的参与上，国内各城市机构与中科院是重点前沿研究核心论文的主要施引机构的频次累计 521 次。对比来看，北京机构是前沿领域核心论文的主要施引机构的频次累计最大，达到 115，其次是中科院（74 次），再次是上海、武汉、南京、西安（频

次累计分别为 46、39、29、26），详见表 4。

表 4　各城市机构与中科院参与重点前沿（为重点前沿主要施引机构）的情况

城市/机构	2017	2018	2019	2020	2021	总计
北京市	8	27	25	30	25	115
中科院	5	17	13	20	19	74
上海市	7	8	7	11	13	46
武汉市	5	7	7	9	11	39
南京市	4	9	3	4	9	29
西安市	1	6		5	14	26
长沙市	4	3	6	3	2	18
杭州市	1	2	3	7	5	18
天津市	1	3	2	6	2	14
成都市		3		3	5	11
广州市		1	4	3	3	11
青岛市		4		2	2	8
深圳市	1		1	1	3	6
苏州市		2	1	1	2	6
重庆市	1		1		2	4
沈阳市			1	1	1	3
郑州市				1	1	2
总计						
中国总计	**50**	**111**	**92**	**131**	**137**	**521**

备注：其中中科院因为机构体系特殊，故单列。存在部分（新）一线城市没有机构作为核心论文主要施引机构的情况，下同。

2017-2021 年我国在化工/冶金与材料工程、能源与矿业工程、环境与轻纺工程、农业等领域参与研究前沿更积极，施引核心论文多且占比大，见图 20、21。（新）一线城市中北京、武汉、上海、杭州、苏州参与化工/冶金与材料工程研究前沿，北京还在能源与矿业工程、信息与电子工程、环境与轻纺工程、农业领域大量跟进研究前沿。从图 21 可以看出，长沙、上海、北京、广州、西安、武汉、天津、杭州等城市在工程技术各领域研究中跟进前沿的态势较好，而沈阳、苏州、青岛等城市集中在一两个领域紧随前沿的态势突出。

领域	中科院	北京市	武汉市	上海市	杭州市	西安市	长沙市	苏州市	天津市	南京市	成都市	广州市	沈阳市	深圳市	青岛市	重庆市	郑州市	总计	中国施引核心论文总数
化工、冶金与材料工程	10865	7162	1417	1359	1453	567	690	1280	857	4	481	177	423		28			26763	30140
能源与矿业工程	4001	2826	688	261	233	485	164		303		104	80			226	135	9	9515	10783
信息与电子工程	2782	1985	773	454	478	336			28	531	264			19		7		7657	7672
环境与轻纺工程	2290	1203	81	273	32	46	423	28	66	237		117			20			4816	3014
农业	2100	1381	183	178	124			106			230	243		130			124	4799	4772
土木、水利与建筑工程	332	380	407	432	69	173	291		2	310		42		170	37	94		2739	3341
机械与运载工程	128	224	42	91	19	166	125		32	176	64	47			2			1116	1435
工程管理	144	201	35	123	8	58	31		18					18				636	747
医药卫生	11	8		20														39	52
总计	22653	15370	3626	3191	2416	1831	1724	1414	1306	1258	1143	706	423	337	313	236	133	58080	61956

图 20　（新）一线城市、中科院与全国核心论文的施引论文领域分布

备注：论文统计的机构仅限于为核心论文主要施引机构，领域仅限于展示的重点前沿领域。下同。

领域	中科院	长沙市	沈阳市	苏州市	青岛市	上海市	北京市	广州市	南京市	西安市	成都市	武汉市	重庆市	深圳市	天津市	杭州市	郑州市	总计	施引论文占机构论文比例的均值
农业	19.04%			5.29%		6.70%	9.90%	10.15%			11.48%	10.07%		6.49%		6.19%	6.19%	11.92%	11.77%
机械与运载工程	9.54%	26.65%			3.92%	11.05%	9.67%	11.23%	10.32%	10.02%	9.54%	8.29%			7.66%	6.61%		11.02%	10.64%
能源与矿业工程	20.68%	8.16%			9.92%	6.05%	9.81%	9.20%		6.36%	5.79%	5.70%	6.79%		6.41%	6.55%	4.92%	10.15%	10.23%
化工、冶金与材料工程	22.69%	7.28%	11.29%	12.36%	13.79%	6.67%	8.20%	5.06%	5.56%	10.73%	7.13%	5.17%			6.32%	5.65%		10.13%	9.42%
环境与轻纺工程	16.86%	12.99%		7.44%	8.62%	9.31%	7.58%	7.72%	5.19%	8.07%		7.24%			6.33%	6.09%		10.12%	9.50%
工程管理	9.49%	7.25%				12.73%	10.42%			7.98%		10.87%		8.74%	7.57%	6.20%		9.95%	9.91%
信息与电子工程	14.70%					7.12%	9.67%		9.37%	8.61%	8.66%	8.25%	5.19%	7.98%	6.51%	7.37%		9.76%	9.44%
医药卫生	13.41%					12.20%	4.88%											9.51%	7.93%
土木、水利与建筑工程	12.47%	12.81%			9.02%	10.36%	8.04%	8.22%	9.93%	8.52%		9.25%	9.82%	6.39%	4.65%	6.78%		9.36%	9.52%
总计	17.08%	13.55%	11.29%	9.54%	9.38%	9.23%	9.05%	8.96%	8.91%	8.56%	7.95%	7.73%	7.15%	7.06%	6.51%	6.39%	5.56%	10.22%	9.92%

图 21　（新）一线城市、中科院与全国核心论文的施引论文占机构论文比例均值的领域分布

结合表 3、表 4 两个表数据可以看出，我国机构工程领域前沿研究参与情况好于引领情况，从年份数据可以看出，国内机构在引领和参与前沿研究上近年的表现越来越好。

②工程开发前沿

1）全球工程开发前沿

2017-2021 五年共 450 个开发前沿研究，其词云图见图 22。可以看出，工程前沿开发主要方向是智能化，集中在以下几大领域：1）智能制造，精密加工；2）飞行器、机器人、无人驾驶、穿戴设备及其相关的控制技术及传感器；3）健康大数据支持的医疗和医药；4）智能城市管理；5）成像技术、图像识别。另外还较集中在关于电池的研究。



图 22　2017-2021 九年工程前沿开发热点词云图

2）国家参与情况

目前中国在 134 个重点开发前沿[①]中是核心专利的主要产出国，多于美国的 130，见图 23。从最新数据看，中国的开发前沿数已与美国持平，同为全球最多的国家（见图 24）。

① 2017-2021 五年共介绍了 134 重点开发前沿的核心专利产出情况。

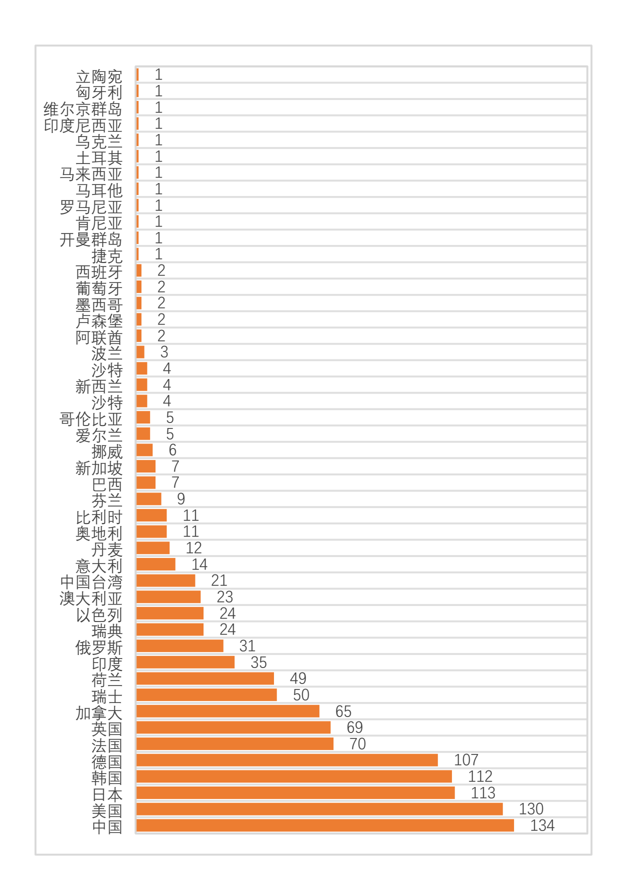


图 23 各国引领（为热点开发前沿核心论文主要产出国）热点开发前沿数

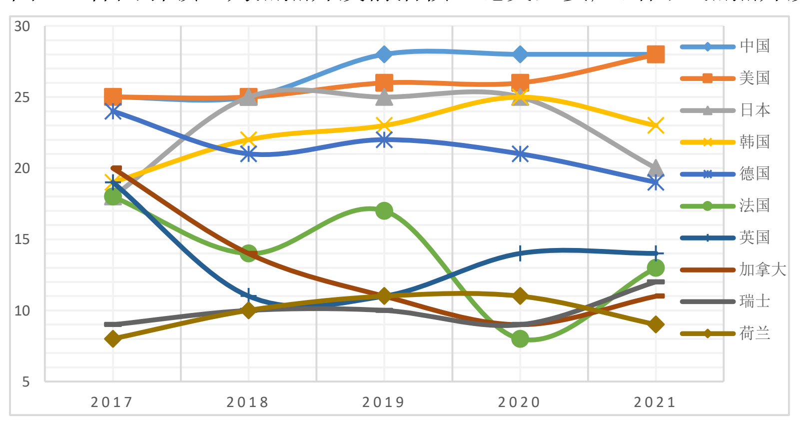


图 24 各年各国引领（为热点开发前沿核心论文主要产出国）热点开发前沿数（前 10）

3）（新）一线城市参与情况

在 2017-2021 五年工程开发前沿的关注上，国内各城市机构是工程重点开发前沿核心专利的主要产出机构的频次累计 487 次（不完全统计[①]）。对比来看，北京机构是工程开发前沿领域核心论文的主要施引机构的频次累计最大，达到 104，其次是上海市（26 次），再次是广州、深圳、成都、杭州、南京（频次累计分别为 23、22、20、20、20），详见表 4。

表 5 各城市机构与中科院引领工程开发前沿（为核心专利主要产出机构）的情况

城市/机构	2017	2018	2019	2020	2021	总计
北京市	11	11	6	29	47	104

[①] 部分机构因使用的是四位英文字母的缩写，未确认是否中国机构及城市。

上海市	2	4	1	8	11	26
广州市	1	3	1	6	12	23
深圳市	1			9	12	22
成都市	1	1	4	7	7	20
杭州市		4	2	8	6	20
南京市	3	1	2	5	9	20
西安市				5	5	10
天津市		1			7	8
武汉市			1		6	7
苏州市		1		1	4	6
长沙市		1			4	5
重庆市	1		3		1	5
青岛市	3	1				4
城市不清	1	49	51	2		103
总计	**24**	**77**	**71**	**80**	**131**	**383**
中国总计	**39**	**85**	**76**	**121**	**166**	**487**

备注：存在部分（新）一线城市没有机构作为核心专利主要产出机构的情况，下同。

2017-2021 年我国在能源与矿业工程、医药卫生、化工/冶金与材料工程、环境与轻纺工程、机械与运载工程等领域核心专利较多，在影响力上工业管理领域的表现突出，医药卫生领域表现不足，见图 25、26。（新）一线城市中北京、广州、杭州、上海、南京、成都、深圳、天津整体表现较好。具体来看，北京在能源与矿业工程、医药卫生、化工/冶金与材料工程、环境与轻纺工程、信息与电子工程、土木/水利与建筑工程表现突出，广州、杭州、上海、天津在工程管理，深圳在机械与运载工程，上海在化工/冶金与材料工程，杭州在能源与矿业工程等领域的影响力较大。从图 27 可以看出，东莞、成都、北京、广州、重庆专利中核心专利占比较高。

领域	北京市	广州市	杭州市	上海市	南京市	成都市	深圳市	天津市	武汉市	西安市	苏州市	长沙市	重庆市	青岛市	东莞市	总计	中国核心专利公开量总数
能源与矿业工程	2383	2	1	10	2	4		4								2406	2456
医药卫生	229	263	67	57	14	39	36	84		29	18					836	888
化工、冶金与材料工程	194	4	69	28	46	29	21	20	84		66	23	15			599	812
环境与轻纺工程	79	31	8	19	36	16							3	19		211	366
机械与运载工程	33	35	9	24	10	8	35	8		27		6				195	322
信息与电子工程	67	10	8	7		14	10		9	33						158	288
农业	78	21		8	16	7	2		3				2			137	164
土木、水利与建筑工程	97	3	6	7	6		5		1	6		4				135	194
工程管理	29	10	8	8	4	11	13	2	1			1	2		1	90	131
电子与信息工程	10		5	11	2	7				3						38	48
总计	3199	379	181	179	136	135	122	118	98	98	84	34	22	19	1	4805	5669

图 25　（新）一线城市、中科院与全国核心专利产出的领域分布

备注：论文统计的机构仅限于为核心专利主要产出机构，领域仅限于展示的重点前沿领域。下同。

领域	杭州市	南京市	深圳市	广州市	北京市	青岛市	天津市	上海市	成都市	西安市	武汉市	重庆市	长沙市	苏州市	东莞市	总计	中国核心专利各机构平均被引频次均值
工程管理	12.25	17.50	5.17	12.43	5.19		2.50	5.60	4.67		5.00	4.50	3.00		0.00	7.32	12.56
机械与运载工程	8.33	5.29	15.54	8.31	3.05		8.00	1.87	1.63	2.45			0.50			6.23	6.00
化工、冶金与材料工程	0.95	7.21	3.85	5.25	7.23		2.20	13.37	1.90		1.85	0.93	4.96	1.01		5.14	4.73
能源与矿业工程	27.00	10.50		2.00	3.00		4.50	2.50	0.25							4.57	4.92
农业		1.96	5.00	2.10	6.03			2.50	0.20		0.00	0.50				3.90	3.36
电子与信息工程	5.63		2.30	2.60	5.26			1.29	1.85	3.60	3.22					3.77	3.53
环境与轻纺工程	5.38	1.88		3.18	3.72	4.61		3.78	4.46			2.00				3.64	3.68
土木、水利与建筑工程	6.67	2.00	4.17	3.75	3.42			2.67		1.63	5.00		1.75			3.48	4.15
医药卫生	0.26	1.71	2.54	2.74	4.92		1.84	0.95	1.23	4.24				1.56		2.90	2.64
总计	7.96	6.83	6.65	4.96	4.77	4.61	3.92	3.76	3.07	2.72	2.68	2.49	2.39	1.10	0.00	4.74	5.48

图 26 （新）一线城市、中科院与全国核心专利篇均被引频次的领域分布

领域	东莞市	成都市	北京市	广州市	重庆市	深圳市	长沙市	杭州市	天津市	武汉市	南京市	西安市	上海市	青岛市	苏州市	总计	中国各城市机构核心专利占机构公开专利比例的均值
工程管理	5.88%	8.85%	9.77%	8.07%	6.07%	7.06%	7.69%	6.93%	6.79%	6.25%	4.45%		5.57%			7.49%	7.93%
能源与矿业工程		5.80%	5.16%	3.28%				2.86%	1.52%		5.71%		1.89%			4.43%	4.41%
农业		3.08%	4.26%	4.80%	3.51%	4.44%				5.26%	5.57%		2.75%			4.34%	3.99%
医药卫生		1.68%	6.01%	1.81%		2.31%		0.71%	2.51%		0.91%	1.88%	0.82%		0.77%	3.07%	2.90%
机械与运载工程		2.11%	3.79%	4.61%		3.95%	2.65%	2.37%	1.41%		1.85%	2.64%	2.17%			3.02%	3.63%
土木、水利与建筑工程			2.86%	2.49%		1.97%	2.40%	2.31%		1.22%	1.84%	3.36%	1.84%			2.57%	2.35%
化工、冶金与材料工程		2.23%	3.05%	0.27%	3.05%	1.06%	2.56%	2.61%	2.22%	2.07%	2.68%		3.33%		1.10%	2.45%	2.19%
电子与信息工程		2.43%	1.89%	2.28%		2.28%		2.06%		2.05%	1.79%	3.28%	2.75%			2.27%	2.30%
环境与轻纺工程		1.56%	2.04%	2.26%	1.15%			0.80%			1.63%		1.35%	1.65%		1.74%	1.96%
总计	5.88%	4.67%	4.09%	4.06%	3.97%	3.91%	3.54%	3.50%	3.14%	3.00%	2.96%	2.90%	2.71%	1.65%	1.04%	3.67%	3.68%

图 27 （新）一线城市、中科院与全国核心专利占机构论文专利比例均值的领域分布

③小结

从研究前沿的数据来看，我国参与自然科学和工程前沿的研究进步迅速，逐渐表现出了与研究成果[①]相对应的地位。总体而言，前沿研究的参与机构分布在为数不多的城市中，且主要是沿海城市（详见图 28）。从城市的表现来看，北京的表现有为突出，上海、武汉、南京、杭州、西安等城市在自然科学领域的表现紧随其后，在工程技术领域紧随其后的则为上海、武汉、南京、长沙、西安，工程开发上还有广州、深圳、成都、杭州的表现也不错。

具体到领域中，我国和（新）一线城市引领和跟进前沿研究情况较好的是数学/计算机科学与工程学、化学/化工与材料科学、物理学、地球科学、生态/环境科学与工程、生物/农业科学与工程、能源与矿业工程，引领较好的领域还有医药卫生、信息与电子工程，紧随前沿研究较好的还有机械与运载工程、工程管理等领域[②]。

[①] 最新报告：中国高质量科学论文数量首超美国排名第一，腾讯网，https://new.qq.com/rain/a/20210817A0ER8100。
韩国报告：中国科学论文质量超过美国，光明网，https://m.gmw.cn/baijia/2022-04/06/1302884613.html。
[②] 日本文部科学省 2021 年 8 月份发布的《日本科学技术指标 2021》显示，在材料科学领域、化学、工学、人工智能等领域中国进步最快，在物理学、临床医学和基础生命科学领域，美国依旧占据世界领先地位。

城市	科学研究核心论文		工程研究核心论文		工程开发核心专利	城市	科学研究核心论文		工程研究核心论文		工程开发核心专利
	产出机构	施引机构	产出机构	施引机构	产出机构		产出机构	施引机构	产出机构	施引机构	产出机构
北京市	63	92	64	115	104	汕头市					2
中科院	44	101	54	74		绍兴市	1				1
上海市	19	21	33	46	26	石家庄市					2
南京市	13	26	19	29	20	唐山市					2
武汉市	17	23	20	39	7	西宁市					2
西安市	6	11	19	26	10	扬州市	1	1			
杭州市	9	17	5	18	20	澳门	1				
香港	19	10	22	16		蚌埠市	1				
广州市	9	12	10	11	23	东莞市					1
成都市	2	9	10	11	20	敦煌市					1
长沙市	4	5	14	18	5	抚州市					1
哈尔滨市	4	5	7	22	6	阜阳市					1
天津市	2	8	7	14	8	桂林市					1
合肥市	6	7	4	11	7	湖州市				1	
深圳市	2	1	2	6	22	淮安市	1				
大连市	2	2	5	11	4	淮北市	1				
重庆市	5	4	5	4	5	黄石市		1			
青岛市	1	1	6	8	4	吉林市					1
长春市	3	10	2	4	1	嘉兴市					1
苏州市		3	3	6	6	江门市				1	
徐州市	6	4	3	3	2	锦州市				1	
济南市	3		3	2	8	九江市					1
厦门市		2	3	4	1	临沂市					1
镇江市	1	1	1	4	3	六安市					1
兰州市	2	3	1	2	1	洛阳市					1
福州市	1	2	2	1	1	茂名市					1
南昌市	2	2			3	梅州市					1
无锡市					7	绵阳市				1	
昆明市			1		5	秦皇岛市			1		
湘潭市	1	2	1	1	1	清远市					1
郑州市		1	3	2		泉州市					1
沈阳市			2	3		三亚市					1
常州市					4	台北市	1				
滁州市			1		3	台中市					1
贵阳市	2	1			1	温州市					1
宁波市			3		1	乌鲁木齐市		1			
咸阳市	1	1	1	1		芜湖市					1
佛山市					3	新竹市					1
焦作市	1		2			宣城市					1
南阳市			2	1		烟台市	1				
太原市			1		2	伊春市					1
新乡市	1		1		1	宜宾市					1
淮南市			1	1		宜春市					1
济宁市			1	1		湛江市			1		
金华市			1	1		舟山市					1
马鞍山市			1	1		珠海市					1
南宁市					2	城市不清					103
南通市					2	总计	259	390	348	521	487

图 28　科学和工程前沿的主要产出和施引机构在我国城市的分布情况

3.2 热点主题

（1）热点主题及主题簇

爱思唯尔 SciVal 数据库把全球科学研究聚类为 95921 个主题，分属 1495 个主题簇。我们后面的研究主要基于显著性全球前 1000 的主题[①]（覆盖显著性在 98.9590%以上的主题，占到全球主题的 1.0426%），和显著性前 10%的主题簇（共 150 个主题簇，占到全球主题簇的 10.0333%）。

显著性全球前 1000 的主题词云图见图 29，显著性前 10%的主题簇词云图见图 30。从图中可以看出，前沿研究集中在生物、医学健康（新冠病毒、癌症、肿瘤、炎症、DNA、蛋白质、

① 目前每个学科最多只能导出 500 条记录，每个学科 500 条记录的汇总数据能覆盖到显著性在 98.6310%以上的主题。

遗传程序、基因、组织工程等），能源（含储能）与气候（电极材料、离子存储、电催化剂、催化剂、纳米晶体、生物燃料、电池、气候变化、可持续、碳、吸附、氮去除、废水处理、中国等），信息技术与人工智能（物联网、拓扑结构、神经网络、卷积神经网络、深度学习等）、及社会研究（社交媒体、创新、网络、企业社会责任、社区参与等）等领域。



图 29　显著性全球前 1000 的主题词云图

备注：词频根据前 1000 主题关键词统计，权重=显著性百分比*词频*（1000-位次）。



图 30　显著性前 10%的主题簇词云图

备注：词频根据前 150 主题簇关键词统计，权重=显著性百分比*词频*（150-位次）。

（2）主题簇和主题的国家参与情况

2011-2020 十年数据窗口期，全球前 21 个国家和地区贡献了全球 80%以上的学术产出，见图 31。其中美中英三国居首，贡献超过 38%。

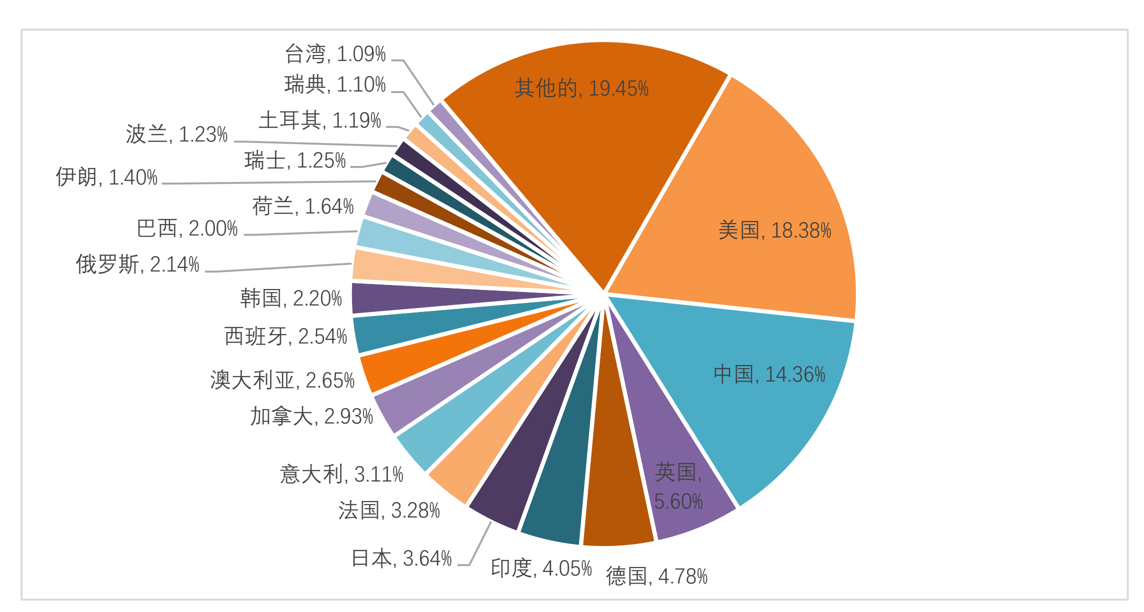


图 31　全球各国（地区）学术产出占比

美中英三国覆盖了全部显著性在 90%以上的主题簇。在显著性 90%以上的主题簇中，中国的贡献率为 21.70%，美国贡献率为 22.56%，英国贡献率为 6.69%，但中国的影响力为 1.1755，低于英美两国，见图 32。

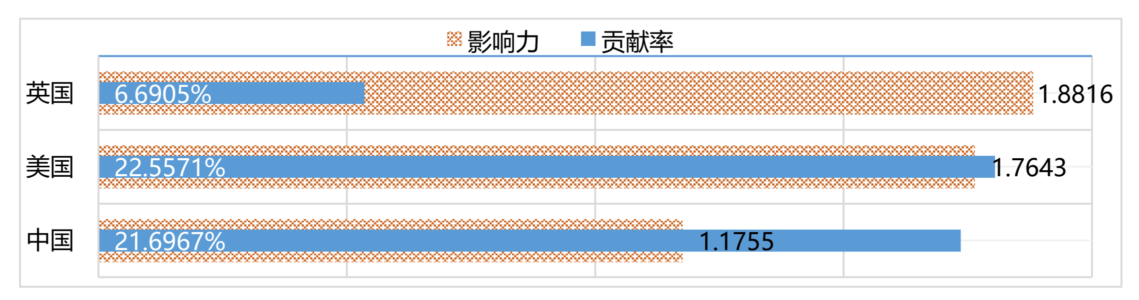


图 32　中美英三国在显著性全球在 90%以上学科簇中的贡献率（论文占主题百分比）和影响力（FWCI）

备注：贡献率=（∑各主题簇论文占比）/覆盖主题簇数，影响力=（∑各主题簇 FWCI）/覆盖主题簇数。

美中英三国都覆盖了显著性前 1000 主题中的 974 个。显著性前 1000 主题中，中国的贡献率为 26.78%，美国贡献率为 22.80%，英国贡献率为 6.54%，但中国的影响力为 1.8581，低于英美两国，见图 33。

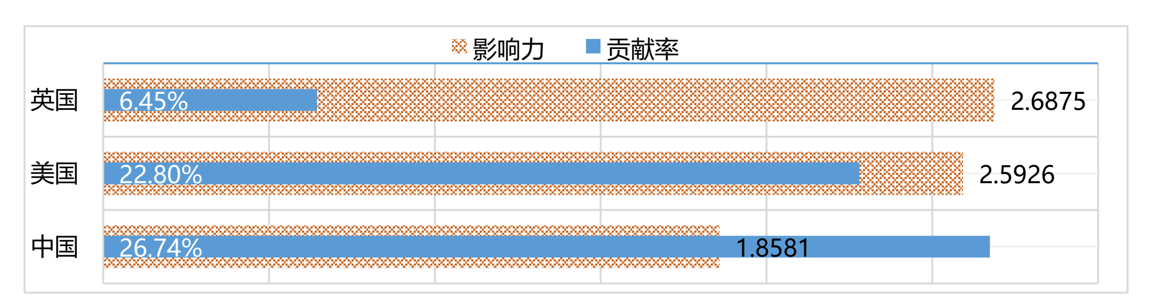


图 33　中美英三国在显著性全球前 1000 主题中的贡献率（论文占主题百分比）和影响力（FWCI）

备注：贡献率=（∑各主题论文占比）/覆盖主题数，影响力=（∑各主题 FWCI）/覆盖主题数。

（3）（新）一线城市热点主题簇参与情况

在 2011-2020 十年数据窗口期，（新）一线城市各学科发表论文占比最大的 500 个主题簇，其论文前沿性（显著性百分比）、贡献度（论文占主题百分比）、影响力（FWCI）分布情况见图 34-36。总体而言，北京、广州、上海贡献度高、前沿性好、影响力大的城市，而深圳、武汉、杭州属于贡献度较大、前沿性很好的城市，武汉、杭州影响力一般，深圳的影响力则较小，而西安则属于前沿性较差、贡献度不突出、影响力较小的城市；东莞在贡献度、前沿性和影响力上还没有充分发展起来。

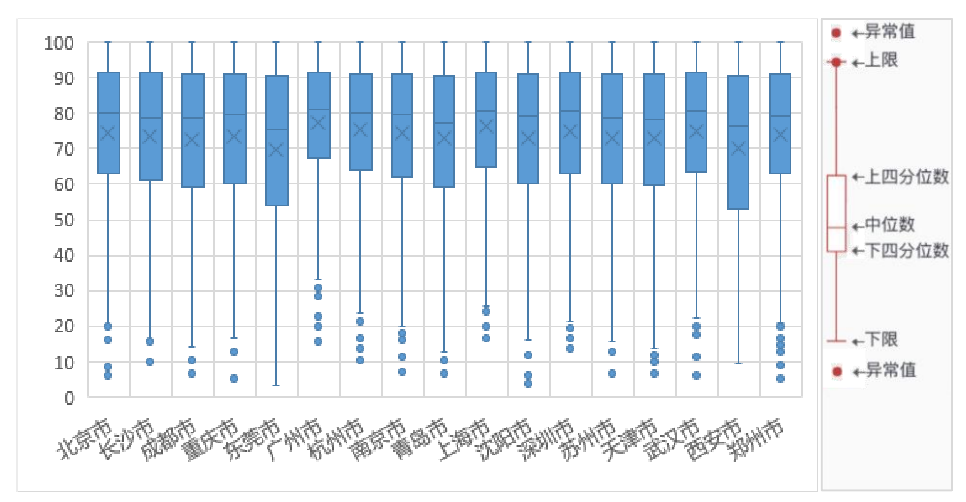


图 34 （新）一线城市各学科发表论文占比最大的 500 个主题簇其前沿性（显著性百分比）分布情况

备注：在箱线图中，箱子的中间有一条线，表示数据的中位数。箱子的上底是第三四分位数 Q3，下底是第一四分位数 Q1。所以箱体包含了 50%的数据。箱体的上面有一条线，值为 Q3+1.5IQR（其中 IQR=Q3-Q1），称为上限。箱体的下面也有一条线，值为 Q1-1.5IQR，称为下限。上限是非异常范围的最大值，下限是非异常范围的最小值，即正常范围是[Q1-1.5IQR，Q3+1.5IQR]，也是[2Q1-1.5Q3，2Q3-1.5Q1]。超过该正常范围的就是异常值。后同。

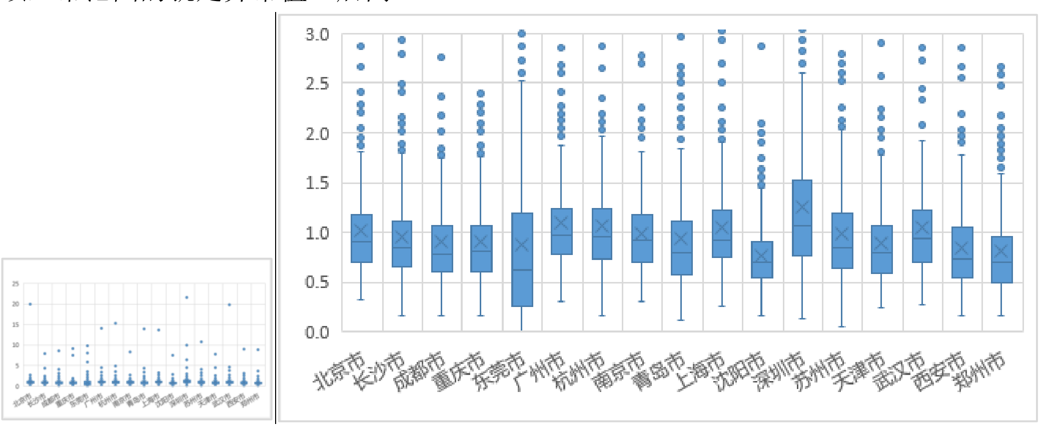


图 35 （新）一线城市各学科发表论文占比最大的 500 个主题簇其贡献度（论文占主题百分比）分布情况

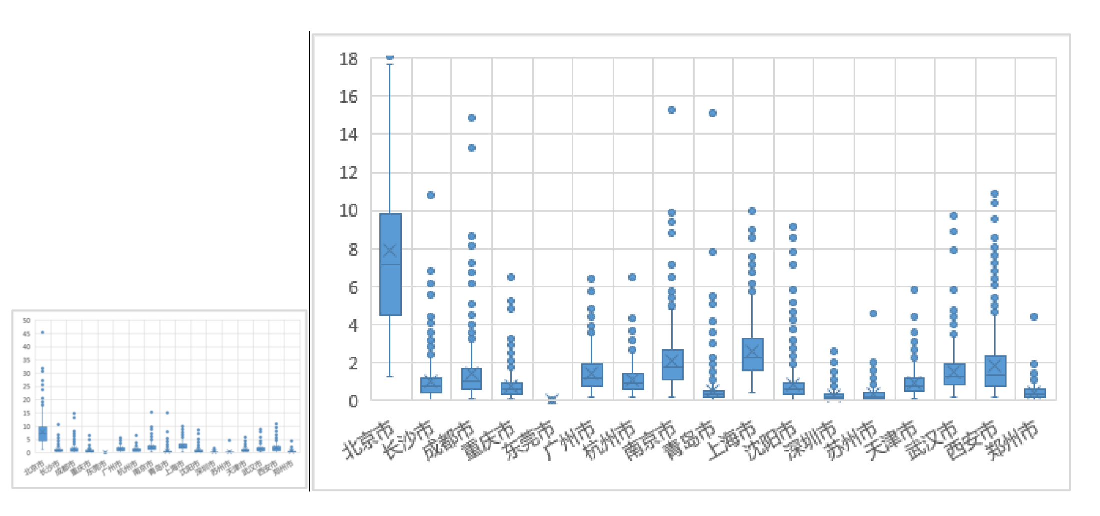


图 36 （新）一线城市各学科发表论文占比最大的 500 个主题簇其影响力（FWCI）分布情况

在 2011-2020 十年数据窗口期，（新）一线城市各学科发表论文占比最大的 500 个主题簇中全部覆盖了前沿（全球显著性前 10%）主题簇。具体而言，除东莞只覆盖 91.33%的主题簇（137 个）外，其余城市对前 10%主题簇实现了全覆盖。

各城市对覆盖的前沿主题其贡献度最大的是北京、上海、南京、广州、武汉，贡献度最小的依次是东莞、苏州、深圳、郑州、青岛。就其覆盖前沿的影响力而言，影响力最大的依次是深圳、杭州、上海、北京、武汉。详见图 37。

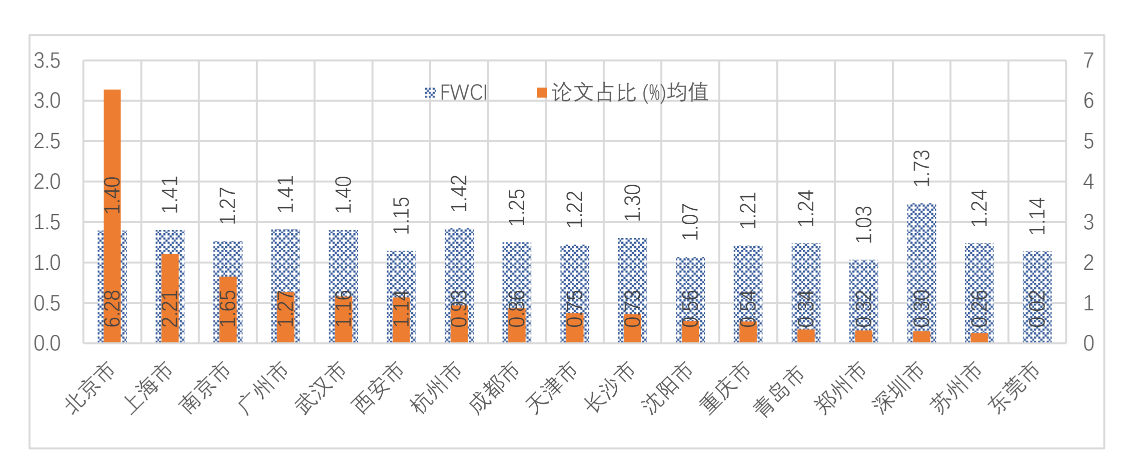


图 37 （新）一线城市覆盖显著性全球前 10%主题的论文贡献率（论文占主题百分比）和影响力（FWCI）

备注：贡献率=（∑各主题簇论文占比）/主题簇数，影响力=（∑各主题簇 FWCI）/主题簇数。

全球主题簇主要分布在工程、医学、材料、化学、计算机科学等学科，见图 38。各城市主题簇在学科分布没有显著不同，见图 39。各城市覆盖前 10%主题簇的贡献率、影响力见图 40、41。

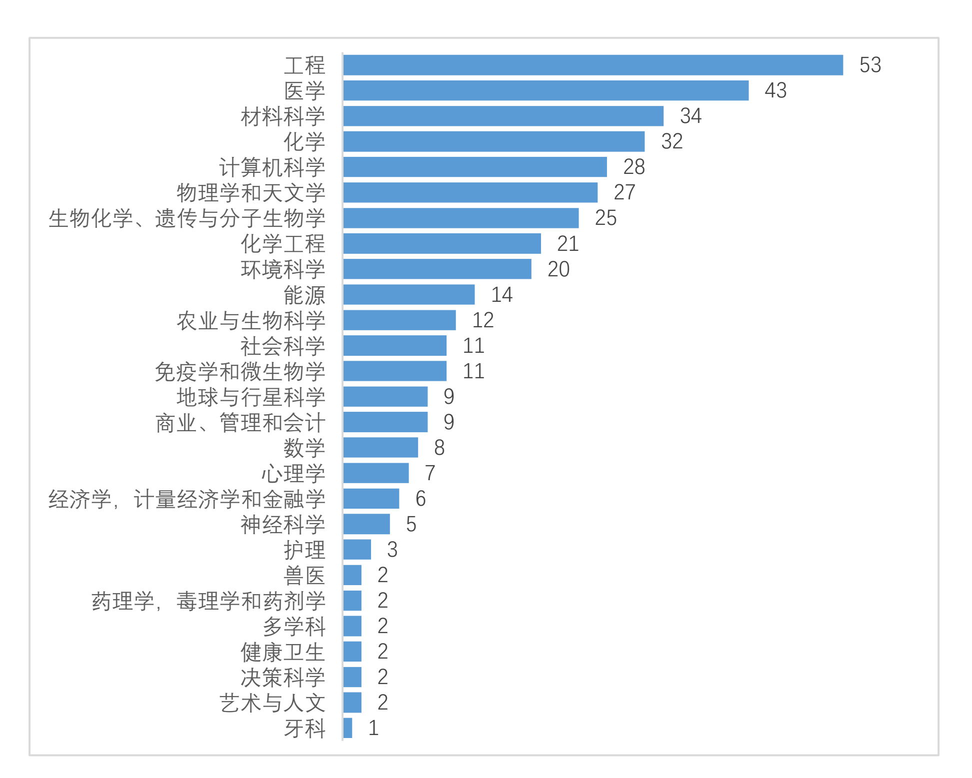


图 38　全球显著性全球前 10%主题簇的学科分布

备注：各主题簇分属不同学科时重复计算。

爱思唯尔ASCJ学科领域	武汉市	广州市	深圳市	上海市	北京市	重庆市	杭州市	长沙市	苏州市	天津市	东莞市	郑州市	南京市	成都市	青岛市	沈阳市	西安市	总计
工程	53	51	53	52	53	52	52	52	52	53	52	51	52	52	52	52	51	885
医学	37	40	39	40	35	36	35	37	35	32	32	35	32	35	31	34	31	596
材料科学	34	34	34	34	34	33	34	34	34	34	33	34	34	34	34	34	33	575
化学	32	32	32	32	32	31	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	31	542
物理学和天文学	27	27	27	27	27	26	26	27	27	27	25	25	27	27	26	26	26	450
计算机科学	28	28	28	26	26	28	27	26	27	25	26	25	25	25	26	26	27	449
生物化学、遗传与分子生物学	24	24	23	24	24	24	24	23	22	23	22	24	22	23	23	22	21	392
化学工程	21	20	21	21	21	20	21	20	20	21	21	21	21	20	21	20	19	349
环境科学	20	18	17	17	19	18	18	17	17	19	20	18	18	17	19	17	16	305
能源	14	12	14	13	14	13	13	12	12	14	14	12	13	12	13	12	12	219
农业与生物科学	12	12	9	11	11	11	12	9	10	11	11	11	11	8	11	9	9	178
免疫学和微生物学	10	10	10	10	10	9	10	7	8	9	9	9	9	7	7	6	6	146
数学	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	136
地球与行星科学	9	9	8	8	8	7	8	8	7	7	7	7	8	8	8	7	7	131
商业、管理和会计	8	8	9	7	8	8	8	7	9	8	8	7	7	7	6	6	8	129
社会科学	8	9	9	7	7	8	5	8	6	6	7	5	5	6	5	6	6	113
经济学，计量经济学和金融学	6	5	6	5	6	5	5	5	6	6	6	5	5	5	5	5	5	91
神经科学	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4	5	5	5	4	5	5	83
心理学	5	7	7	6	4	6	3	6	4	3	4	3	3	4	2	4	4	75
护理	2	3	2	3	2	2	2	3	3	2	2	3	2	2	2	2	2	39
药理学，毒理学和药剂学	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	33
多学科	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	2	1	2	1	1	1	28
决策科学	2	2	2	1	1	2	2	1	2	1	2	1	1	1	1	1	2	25
艺术与人文	2	2	2	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	21
健康卫生	1	1	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	19
牙科	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	17
兽医	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1				14
总计	374	373	373	366	363	361	358	355	354	353	352	349	347	346	342	340	334	6040

图 39　在显著性全球前 10%主题簇中（新）一线城市覆盖前沿的各学科分布

备注：各主题分属不同学科时重复计算。

爱思唯尔ASCJ学科领域	北京市	上海市	南京市	西安市	广州市	武汉市	杭州市	成都市	天津市	长沙市	沈阳市	重庆市	青岛市	郑州市	深圳市	苏州市	东莞市	总计
地球与行星科学	15.11	2.06	3.31	1.80	1.32	1.46	0.99	1.37	0.65	1.10	0.69	0.80	1.29	0.30	0.18	0.08	0.01	1.97
材料科学	8.17	3.20	2.27	2.03	1.65	1.68	1.30	1.36	1.28	1.12	0.98	0.76	0.51	0.46	0.48	0.51	0.04	1.64
物理学和天文学	8.58	3.05	2.13	2.10	1.48	1.63	1.16	1.35	1.09	1.10	1.05	0.78	0.46	0.44	0.50	0.46	0.04	1.63
化学	8.67	3.27	2.18	1.43	1.95	1.65	1.51	1.28	1.49	0.85	0.60	0.66	0.57	0.50	0.42	0.54	0.04	1.63
工程	7.87	2.87	2.34	2.25	1.33	1.64	1.11	1.32	1.00	1.20	0.94	0.89	0.46	0.37	0.48	0.32	0.04	1.56
化学工程	7.93	2.93	1.90	1.39	1.79	1.53	1.49	1.12	1.45	0.83	0.56	0.67	0.62	0.45	0.31	0.37	0.04	1.50
能源	8.31	2.71	1.91	1.53	1.73	1.70	1.15	0.90	1.31	0.89	0.58	0.66	0.48	0.36	0.26	0.25	0.05	1.50
多学科	6.76	3.24	1.51	0.83	2.11	1.56	1.11	0.82	0.57	0.60	0.93	0.77	0.26	0.43	0.52	0.36	0.01	1.45
环境科学	9.57	2.04	2.32	0.77	1.70	1.14	1.16	0.69	1.04	0.61	0.50	0.49	0.63	0.29	0.20	0.18	0.03	1.40
数学	6.60	2.13	1.95	1.87	1.17	1.43	1.04	1.39	0.70	1.13	0.64	0.70	0.27	0.37	0.68	0.28	0.04	1.32
计算机科学	6.78	2.12	2.28	1.81	0.98	1.34	0.97	1.25	0.70	0.93	0.69	0.64	0.30	0.31	0.54	0.19	0.03	1.28
农业与生物科学	8.34	1.29	1.86	0.48	1.43	1.11	1.26	0.57	0.60	0.59	0.64	0.50	0.61	0.39	0.19	0.12	0.02	1.23
生物化学、遗传与分子生物学	5.52	2.90	1.74	0.76	1.85	1.27	1.16	0.77	0.89	0.65	0.51	0.57	0.36	0.48	0.30	0.41	0.02	1.21
兽医	7.03	1.44	1.31		1.75	1.62	0.78	0.55	0.31	0.38		0.28		0.88	0.13	0.09	0.00	1.18
免疫学和微生物学	5.02	1.77	1.27	0.51	1.75	1.17	0.87	0.59	0.65	0.49	0.30	0.41	0.43	0.36	0.19	0.24	0.01	1.02
决策科学	4.36	2.78	1.67	0.77	0.79	1.19	0.64	1.65	1.34	0.80	0.72	0.62	0.28	0.25	0.22	0.13	0.03	0.90
药理学，毒理学和药剂学	4.50	1.76	1.75	0.29	1.01	0.72	1.01	0.51	0.79	0.30	0.81	0.41	0.37	0.21	0.16	0.37	0.01	0.90
医学	3.53	1.88	1.11	0.55	1.23	0.88	0.70	0.57	0.46	0.46	0.39	0.40	0.22	0.34	0.19	0.28	0.01	0.79
艺术与人文	6.52	1.34	1.05	0.99	0.64	0.52	0.59	0.38	0.47	0.35	0.21	0.39	0.07	0.15	0.56	0.30	0.01	0.79
社会科学	4.53	1.35	1.34	0.64	0.58	0.75	0.56	0.60	0.38	0.31	0.22	0.31	0.16	0.15	0.16	0.10	0.02	0.72
经济学，计量经济学和金融学	4.24	1.40	0.80	0.48	0.67	0.70	0.53	0.61	0.46	0.42	0.21	0.29	0.14	0.09	0.14	0.14	0.02	0.69
商业、管理和会计	2.80	1.36	0.67	0.54	0.67	0.81	0.50	0.64	0.48	0.30	0.26	0.36	0.12	0.12	0.17	0.11	0.02	0.59
神经科学	2.38	1.39	0.53	0.32	0.70	0.42	0.45	0.42	0.34	0.24	0.27	0.28	0.19	0.15	0.21	0.16	0.02	0.51
护理	3.00	0.95	0.83	0.35	0.66	0.51	0.65	0.33	0.36	0.22	0.18	0.26	0.20	0.13	0.17	0.08	0.01	0.51
牙科	1.94	0.97	0.50	0.75	0.88	0.71	0.25	0.95	0.21	0.10	0.21	0.21	0.10	0.09	0.07	0.03	0.00	0.47
健康卫生	2.23	0.91	0.56	0.36	0.72	0.42	0.43	0.41	0.40	0.10	0.30	0.20	0.05	0.13	0.27	0.11	0.03	0.46
心理学	2.08	0.95	0.47	0.27	0.46	0.41	0.42	0.34	0.31	0.21	0.20	0.31	0.21	0.12	0.15	0.09	0.01	0.42
总计	7.07	2.46	1.93	1.42	1.41	1.34	1.08	1.04	0.95	0.82	0.66	0.62	0.45	0.37	0.36	0.32	0.03	1.32

图 40　在显著性全球前 10%主题簇中（新）一线城市覆盖前沿的学科贡献率（论文占比）

备注：各主题分属不同学科时重复计算，与前图各主题只计一次算法上有区别，故各个城市总计值有不同，下同。

爱思唯尔ASCJ学科领域	深圳市	广州市	杭州市	武汉市	北京市	上海市	苏州市	长沙市	青岛市	南京市	成都市	天津市	东莞市	重庆市	西安市	郑州市	沈阳市	总计
兽医	2.44	2.14	2.11	4.57	1.88	2.94	1.92	1.89		1.37	1.65	4.47	1.56	1.80		1.53		2.31
护理	2.03	2.02	3.51	2.79	2.33	1.86	1.16	2.46	1.65	2.25	2.45	1.19	0.60	4.93	1.42	1.24	1.56	2.04
多学科	2.02	1.80	2.12	1.60	2.14	1.74	1.63	1.15	0.92	1.16	2.71	1.15	2.35	1.39	1.22	1.48	0.83	1.68
医学	2.01	1.67	1.80	1.96	1.86	1.67	1.42	1.48	1.41	1.51	1.40	1.45	1.15	1.59	1.37	1.24	1.21	1.55
化学	1.65	1.58	1.50	1.53	1.53	1.47	1.74	1.55	1.47	1.45	1.43	1.48	1.47	1.32	1.25	1.44	1.14	1.47
物理学和天文学	1.94	1.57	1.45	1.51	1.54	1.51	1.51	1.45	1.55	1.49	1.28	1.40	1.75	1.27	1.29	1.37	1.11	1.47
免疫学和微生物学	1.70	1.57	1.54	1.60	1.52	1.60	1.35	1.35	1.10	1.42	1.27	1.54	1.21	1.32	1.23	1.23	1.24	1.42
药理学，毒理学和药剂学	1.78	1.41	1.42	1.55	1.50	1.57	1.54	1.20	1.50	1.38	1.50	1.17	1.52	1.15	0.88	0.95	1.43	1.39
化学工程	1.62	1.41	1.36	1.45	1.44	1.39	1.56	1.44	1.51	1.42	1.34	1.34	1.28	1.31	1.20	1.34	1.03	1.38
材料科学	1.60	1.39	1.45	1.42	1.45	1.39	1.53	1.37	1.38	1.38	1.26	1.31	1.40	1.28	1.20	1.31	1.07	1.36
艺术与人文	2.13	1.41	1.87	1.43	1.50	1.67	1.23	1.09	1.22	0.88	1.42	1.32	0.79	1.35	1.40	0.31	1.01	1.35
农业与生物科学	1.55	1.57	1.72	1.40	1.24	1.31	1.18	1.23	1.49	1.27	1.08	1.05	1.90	1.10	1.09	1.05	1.06	1.32
生物化学、遗传与分子生物学	1.65	1.50	1.43	1.30	1.43	1.44	1.25	1.34	1.16	1.27	1.46	1.29	1.09	1.24	1.22	1.29	1.08	1.32
环境科学	1.59	1.50	1.49	1.36	1.29	1.44	1.32	1.39	1.32	1.28	1.19	1.13	1.53	1.10	1.02	1.18	0.91	1.30
能源	1.49	1.41	1.22	1.25	1.29	1.22	1.31	1.43	1.26	1.27	1.22	1.33	1.38	1.23	1.22	1.34	0.93	1.28
工程	1.58	1.30	1.27	1.23	1.25	1.25	1.28	1.26	1.32	1.21	1.19	1.14	1.13	1.14	1.14	1.05	0.89	1.21
数学	1.75	1.22	1.41	1.06	1.28	1.27	1.14	1.28	1.39	1.19	1.40	1.09	1.09	1.06	1.14	0.60	0.78	1.18
计算机科学	1.81	1.35	1.37	1.13	1.18	1.23	1.08	1.16	1.18	1.13	1.29	1.09	0.90	0.99	1.05	0.69	0.80	1.15
决策科学	2.49	1.54	1.18	1.12	0.92	1.24	1.07	0.85	0.66	1.02	1.01	1.34	0.55	0.64	0.98	1.52	0.87	1.14
地球与行星科学	1.35	1.43	1.50	1.28	1.08	1.13	0.74	1.01	1.39	1.19	0.87	1.15	1.43	0.93	0.97	0.78	0.73	1.13
社会科学	1.62	1.31	1.23	1.24	1.15	1.23	1.11	1.08	0.98	1.06	1.09	1.06	0.76	1.13	0.95	0.82	0.78	1.12
心理学	1.33	1.23	1.20	1.35	1.03	1.12	0.83	1.04	1.05	0.99	1.03	0.99	0.43	1.20	0.95	0.84	0.79	1.06
商业、管理和会计	1.65	1.34	1.21	1.07	1.03	1.25	1.07	0.90	0.67	0.96	1.01	0.99	0.59	0.79	0.96	0.76	0.58	1.01
经济学，计量经济学和金融学	1.39	1.17	0.94	0.85	1.10	1.18	1.04	1.18	1.07	1.01	1.12	0.92	0.99	1.02	0.85	0.62	0.57	1.00
神经科学	1.09	1.04	1.05	1.03	1.02	1.02	1.09	0.88	1.19	0.99	0.94	0.94	0.70	0.96	0.88	0.82	0.85	0.97
牙科	0.67	0.84	0.91	1.35	0.89	0.91	0.76	0.82	0.59	0.86	1.15	0.64	0.79	0.75	1.24	0.86	0.70	0.87
健康卫生	0.99	0.94	1.04	0.87	0.93	0.83	0.77	0.91	0.84	0.80	0.97	0.81	0.83	0.89	0.81	0.62	0.80	0.87
总计	1.68	1.45	1.45	1.41	1.40	1.39	1.34	1.34	1.33	1.31	1.29	1.26	1.25	1.23	1.17	1.15	0.99	1.32

图 41　在显著性全球前 10%主题簇中（新）一线城市覆盖前沿的的学科影响力（FWCI）

（4）（新）一线城市热点主题参与情况

在 2011-2020 十年数据窗口期，（新）一线城市各学科发表论文数最多的 500 个主题[①]其论文前沿性（显著性百分比）、贡献度（论文占主题百分比）、影响力（FWCI）分布情况见图 42-44。总体而言，北京属于贡献度高、前沿性更好、影响力大的城市，而深圳、东莞属于贡献度较小、但前沿性很好的城市，但深圳的影响力明显好于东莞，而沈阳、重庆、成都、长沙等则属于前沿性、贡献度、影响力都不特别突出的城市。

① 有的城市在某学科参与的主题未达到 500 个，后同。

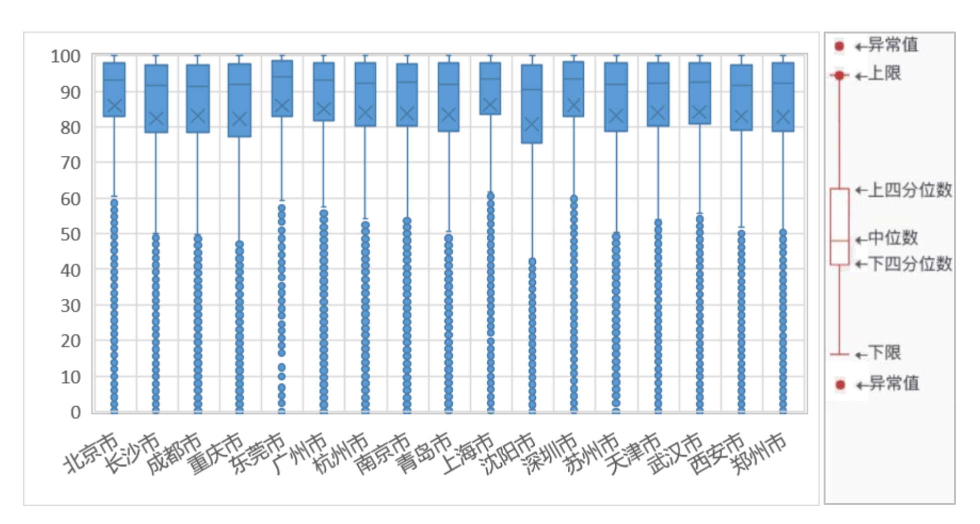


图 42 （新）一线城市各学科发表论文数最多的 500 个主题其前沿性（显著性百分比）分布情况

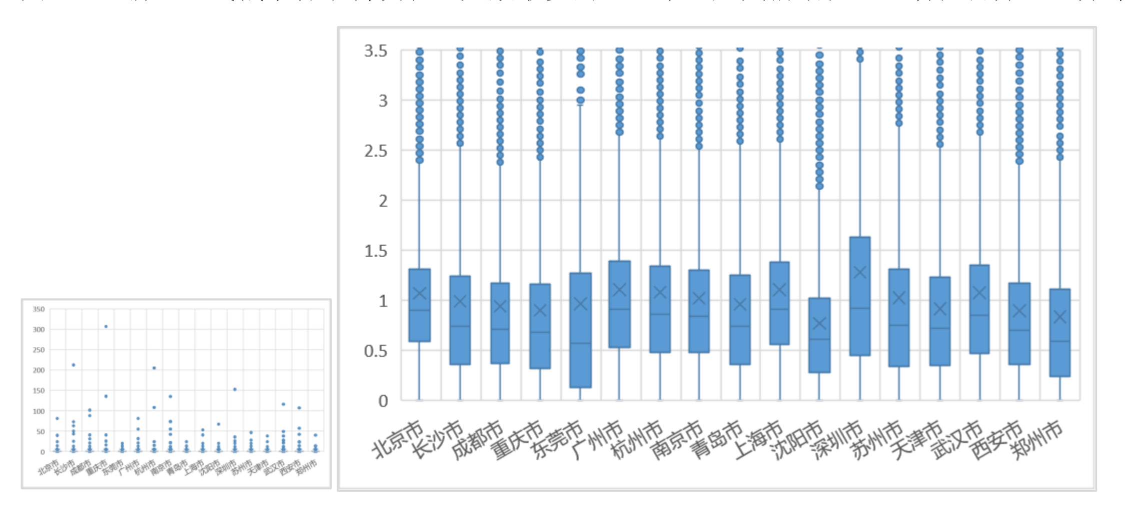


图 43 （新）一线城市各学科发表论文数最多的 500 个主题其贡献度（论文占主题百分比）分布情况

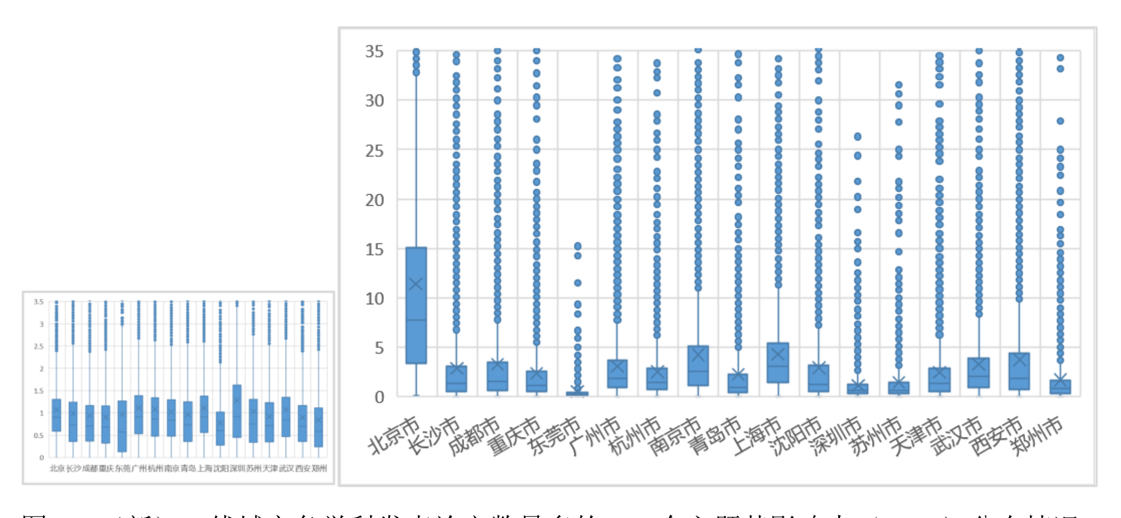


图 44 （新）一线城市各学科发表论文数最多的 500 个主题其影响力（FWCI）分布情况

在 2011-2020 十年数据窗口期，（新）一线城市各学科发表论文数最多的 500 个主题中覆盖全球显著性前 1000 个主题中的 968 个，绝大多数主题都有覆盖。具体而言，覆盖面最大的依次是上海、北京、广州、武汉、南京，最小的依次是东莞、青岛、苏州、沈阳、郑州，详见图 45。

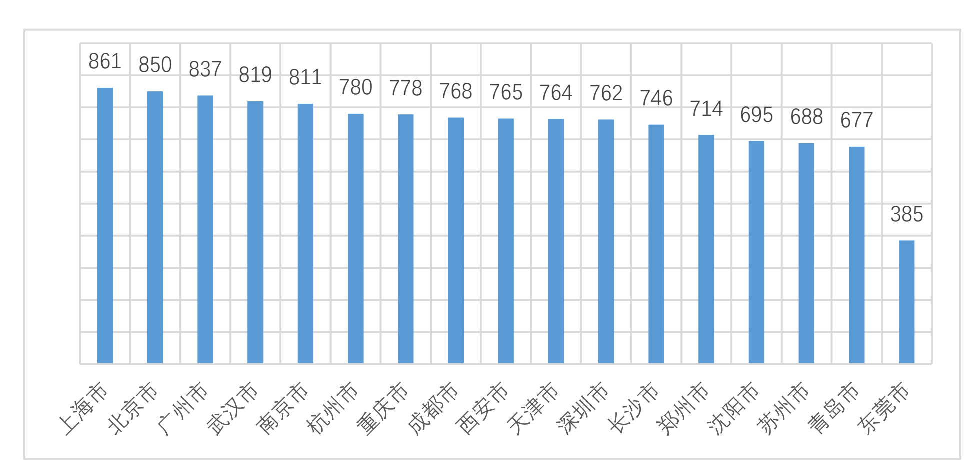


图 45 （新）一线城市发表论文数最多的 500 个主题覆盖全球显著性前 1000 主题数

各城市对覆盖的前沿主题其贡献度最大的是北京、上海、南京、广州、武汉，贡献度最小的依次是东莞、苏州、郑州、青岛、深圳。就其覆盖前沿的影响力而言，影响力最大的依次是深圳、武汉、杭州、上海、北京。详见图 46。

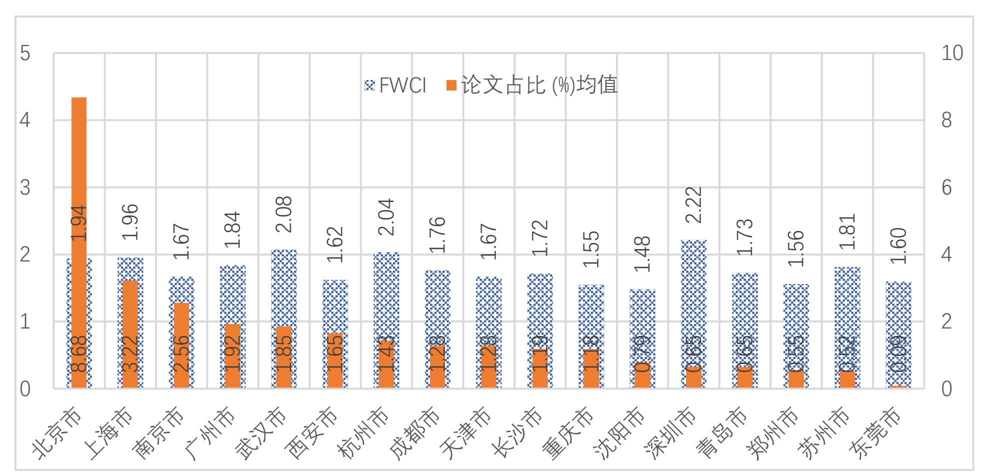


图 46 （新）一线城市在各学科论文数较多的前 500 主题中覆盖显著性全球前 1000 主题的论文贡献率（论文占主题百分比）和影响力（FWCI）

备注：贡献率=（∑各主题论文占比）/主题数，影响力=（∑各主题 FWCI）/主题数。武汉因为疫情的原因，新冠相关论文对其近年的 FWCI 有较大提升作用。

（新）一线城市各学科发表论文数最多的 500 个主题中，全球显著性前 1000 主题的学科覆盖最大的依次是化学、材料科学、化学工程、工程、物理学和天文学，其次是能源、生物化学/遗传与分子生物学、环境科学、计算机科学、医学。和全球显著性前 1000 主题的学科分布（见图 47）对比来看，（新）一线城市在工程、生物化学/遗传与分子生物学、医学等全球前沿分布较多的学科上表现还不足。各城市的学科分布大体一致。详见图 48。

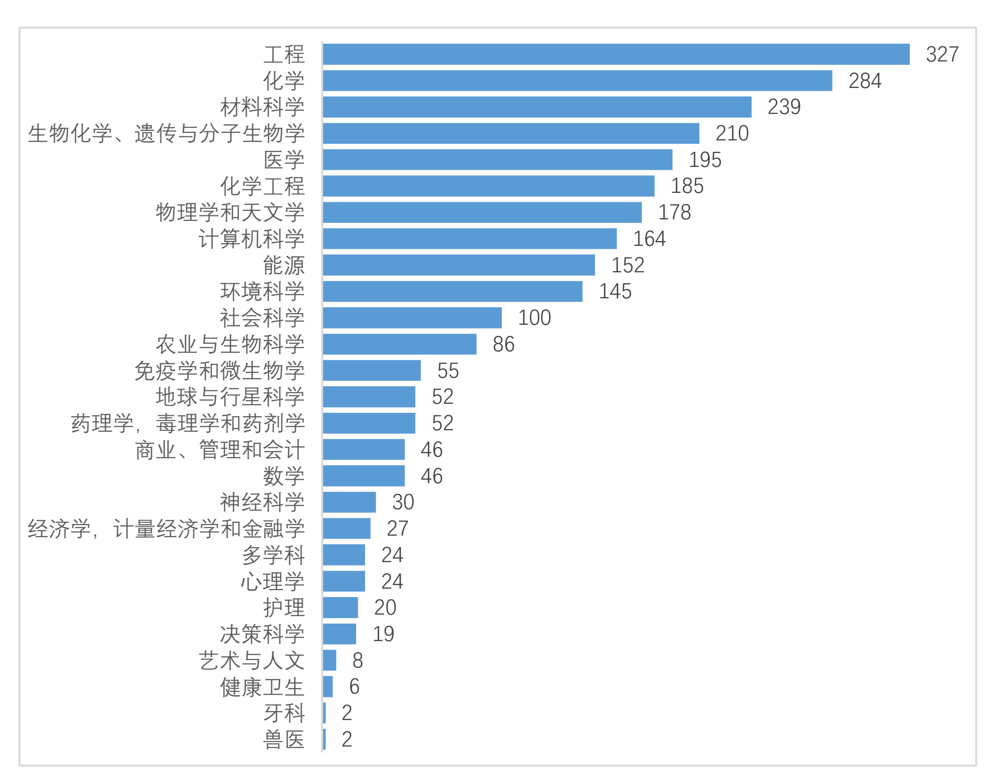


图 47　全球显著性全球前 1000 主题的学科分布

（新）一线与城市所覆盖前沿在各学科的贡献度、影响力不一，覆盖的前沿在材料科学、化学、工程、物理学和天文学、化学工程学科的贡献度更大，在兽医、牙科、免疫学和微生物学、工程、物理学和天文学、化学工程学科的影响力更大。各城市对所覆盖学科前沿的贡献度和影响力详见图 49、50。

爱思唯尔ASJC学科领域	上海市	广州市	北京市	武汉市	南京市	深圳市	天津市	杭州市	重庆市	成都市	长沙市	西安市	郑州市	青岛市	苏州市	沈阳市	东莞市	总计
化学	227	218	233	228	219	208	218	197	194	189	189	191	187	190	183	165	156	3392
材料科学	211	209	203	199	202	187	189	188	156	149	158	151	178	174	178	131	149	3012
化学工程	166	166	167	164	162	153	158	155	164	144	146	146	154	138	142	139	105	2569
工程	189	175	120	151	154	157	144	160	142	124	134	132	129	139	149	103	108	2410
物理学和天文学	162	151	156	143	147	138	131	131	123	110	112	107	121	128	128	103	96	2187
能源	140	136	131	133	134	119	133	131	121	110	124	118	130	130	110	123	85	2108
生物化学、遗传与分子生物学	150	135	156	137	123	137	124	132	112	133	124	122	110	107	107	101	55	2065
环境科学	121	119	121	114	112	114	114	116	109	115	107	110	101	97	93	101	69	1833
计算机科学	120	122	111	111	106	102	100	112	103	101	91	93	94	106	95	94	64	1725
医学	124	107	132	110	100	108	92	100	89	95	99	80	80	84	77	73	52	1602
社会科学	79	78	78	73	68	62	73	72	75	70	73	69	62	52	59	63	23	1129
农业与生物科学	59	59	60	59	55	55	49	60	53	53	54	60	46	39	40	52	20	813
免疫学和微生物学	52	54	52	49	45	48	47	51	48	49	49	47	50	37	42	45	19	784
药理学，毒理学和药剂学	47	44	47	44	46	43	44	45	42	46	37	40	42	42	43	38	15	705
商业、管理和会计	43	44	45	44	42	40	43	44	44	41	39	43	40	36	41	42	17	688
数学	42	42	43	36	40	42	35	41	40	39	39	40	37	39	34	36	23	648
地球与行星科学	42	47	42	38	42	40	43	39	33	34	30	32	32	26	27	33	9	589
神经科学	29	28	29	28	28	24	26	29	27	30	28	29	25	24	25	27	3	439
经济学，计量经济学和金融学	24	25	26	26	25	23	25	25	25	23	24	24	22	19	20	23	9	388
多学科	23	23	23	24	20	21	22	24	20	22	19	23	21	17	18	19		339
决策科学	19	19	19	19	19	16	19	19	19	17	19	19	19	17	14	19	6	298
心理学	22	23	23	21	21	18	18	19	21	20	21	18	13	8	14	16	2	298
护理	18	19	19	19	17	16	16	19	17	18	16	17	17	13	11	15	2	269
艺术与人文	7	7	7	6	6	6	6	7	5	7	7	7	6	6	6	5	2	103
健康卫生	6	6	6	6	4	5	6	5	4	5	3	6	3	1	2	3		71
牙科	2	2	2	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	1		43
兽医	2	2	2	2	2	2	1	2			2	1	2		2	1		23
总计	2126	2060	2053	1986	1940	1886	1877	1865	1805	1746	1745	1727	1722	1671	1661	1571	1089	30530

图 48　在显著性全球前 1000 主题中（新）一线城市覆盖前沿的各学科分布

备注：各主题分属不同学科时重复计算。

爱思唯尔ASJC学科领域	北京市	上海市	广州市	重庆市	南京市	武汉市	西安市	成都市	杭州市	天津市	深圳市	沈阳市	郑州市	苏州市	长沙市	青岛市	东莞市	总计
材料科学	12.01	5.09	2.71	1.30	3.63	2.72	3.24	2.40	2.12	2.50	1.21	1.39	0.90	1.05	2.27	1.12	0.12	2.86
化学	11.85	5.08	2.98	1.19	3.56	2.72	2.17	2.01	2.26	2.49	0.92	0.99	0.94	1.09	1.93	1.15	0.14	2.75
工程	12.21	4.40	2.43	1.85	4.19	2.82	3.85	2.66	1.98	1.86	1.36	1.92	0.73	0.76	2.38	1.07	0.11	2.73
物理学和天文学	11.32	4.74	2.33	1.29	3.50	2.59	3.54	2.33	1.80	1.91	1.19	1.43	0.83	0.92	2.17	0.95	0.10	2.72
化学工程	10.80	4.55	2.45	2.42	2.88	2.42	1.90	1.71	2.18	2.37	0.54	0.85	0.77	0.84	1.61	1.02	0.14	2.45
地球与行星科学	17.48	1.84	1.89	1.01	3.47	1.84	1.74	1.81	0.89	0.59	0.27	0.71	0.38	0.09	1.09	1.05	0.08	2.44
能源	11.94	3.47	2.08	1.03	2.42	2.25	1.81	1.58	1.50	1.77	0.56	0.72	0.55	0.59	1.57	0.80	0.13	2.14
计算机科学	9.83	3.16	1.59	1.24	3.40	1.88	2.93	1.97	1.66	1.02	1.34	1.17	0.51	0.37	1.52	0.56	0.06	2.12
生物化学、遗传与分子生物学	6.82	4.17	2.68	1.00	2.74	2.00	1.20	1.19	1.72	1.53	0.46	0.87	0.90	0.82	1.31	0.77	0.07	1.98
环境科学	12.24	2.67	2.20	0.70	2.94	1.81	1.09	0.90	1.46	1.23	0.29	0.65	0.43	0.34	1.13	0.67	0.10	1.95
数学	7.31	3.49	1.37	1.11	2.66	1.63	2.03	2.01	1.40	1.07	0.99	1.23	0.49	0.31	1.36	0.78	0.05	1.82
农业与生物科学	10.83	1.67	1.80	0.61	2.78	1.61	0.75	0.78	1.80	0.79	0.29	0.70	0.56	0.21	0.64	0.96	0.07	1.75
药理学，毒理学和药剂学	6.93	3.87	2.23	0.70	2.57	1.84	0.85	1.24	1.23	1.11	0.37	0.96	0.59	0.50	0.94	0.58	0.07	1.69
医学	4.65	3.42	2.44	0.75	2.01	1.77	1.05	1.02	1.26	0.87	0.49	0.87	0.79	0.61	0.97	0.44	0.05	1.57
免疫学和微生物学	6.31	2.78	1.90	0.54	1.73	1.62	0.55	0.84	1.12	0.82	0.34	0.46	0.41	0.38	0.64	0.45	0.04	1.33
艺术与人文	7.75	1.81	0.67	0.40	0.73	0.71	0.55	0.47	0.97	0.46	1.55	0.32	0.24	0.44	0.47	0.09	0.06	1.14
多学科	5.77	2.58	1.44	0.42	1.58	0.99	0.51	0.50	0.76	0.34	0.37	0.22	0.27	0.30	0.45	0.21		1.10
兽医	4.94	0.90	0.79		0.94	1.97	0.77		1.10	0.26	0.17	0.26	0.28	0.40	0.31			1.08
经济学，计量经济学和金融学	5.62	1.67	1.10	0.45	1.39	0.97	0.67	0.80	0.87	0.72	0.21	0.35	0.26	0.23	0.69	0.83	0.09	1.07
决策科学	3.98	1.87	0.84	0.68	1.30	1.36	0.90	1.14	0.88	0.79	0.44	0.42	0.22	0.23	0.71	0.33	0.09	1.01
商业、管理和会计	4.34	1.77	0.84	0.99	1.27	0.99	0.76	0.87	0.72	0.71	0.24	0.36	0.19	0.20	0.61	0.28	0.09	0.95
社会科学	5.14	1.41	0.76	0.39	1.31	1.05	0.70	0.65	0.62	0.38	0.40	0.28	0.17	0.17	0.48	0.20	0.05	0.92
牙科	2.90	1.07	1.92	0.68	1.89	1.45	1.31	1.77	0.28	0.26	0.13	0.91	0.39	0.16	0.23	0.15		0.90
神经科学	3.20	1.99	1.03	0.48	0.89	0.68	0.55	0.59	0.61	0.42	0.38	0.31	0.27	0.18	0.53	0.21	0.09	0.79
护理	1.95	1.05	0.76	0.17	0.53	0.44	0.28	0.33	0.45	0.32	0.10	0.26	0.14	0.14	0.27	0.14	0.08	0.49
心理学	1.20	0.69	0.48	0.20	0.21	0.39	0.28	0.24	0.24	0.18	0.12	0.09	0.10	0.07	0.18	0.05	0.06	0.33
健康卫生	0.65	0.46	0.30	0.18	0.18	0.15	0.14	0.14	0.12	0.11	0.10	0.10	0.07	0.06	0.06	0.03		0.21
总计	9.54	3.72	2.16	1.14	2.87	2.10	1.91	1.57	1.62	1.58	0.75	0.93	0.65	0.66	1.46	0.82	0.10	2.13

图 49　在显著性全球前 1000 主题中（新）一线城市覆盖前沿的学科贡献率（论文占比）

备注：各主题分属不同学科时重复计算，与前图各主题只计一次算法上有区别，故各个城市总计值有不同，下同。

爱思唯尔ASJC学科领域	深圳市	武汉市	上海市	北京市	杭州市	苏州市	广州市	长沙市	青岛市	成都市	南京市	天津市	西安市	郑州市	东莞市	重庆市	沈阳市	总计
兽医	8.96	5.70	7.40	8.60	3.34	11.36	8.76	4.76			4.58	24.68	3.49	0.62			1.06	6.84
牙科	2.10	13.05	0.70	6.67	10.48	1.03	2.54	0.58	1.17	18.02	1.19	0.51	1.22	0.92		0.42	1.10	3.21
免疫学和微生物学	2.74	2.64	2.47	2.94	2.71	3.35	2.33	2.07	1.76	2.18	1.86	1.90	2.71	1.93	2.31	2.17	3.05	2.43
健康卫生	1.06	2.07	9.79	1.51	2.59	1.17	2.54	0.52	5.49	1.07	0.67	2.91	1.06	0.49		0.66	1.69	2.31
医学	3.48	3.94	2.22	2.58	2.43	1.97	2.29	1.95	1.75	1.79	1.67	1.64	1.82	2.06	1.56	1.92	1.37	2.22
多学科	2.78	2.28	2.80	2.86	2.43	2.26	2.93	2.67	1.14	1.85	2.31	1.14	1.52	1.34		1.42	1.60	2.10
材料科学	2.10	2.03	1.96	2.11	2.00	2.15	2.00	2.01	2.04	1.84	1.92	1.97	1.81	2.05	1.76	1.65	1.66	1.96
化学	2.07	2.04	2.01	2.07	1.95	2.19	2.01	2.02	1.92	1.84	1.90	1.94	1.78	2.06	1.67	1.69	1.88	1.95
神经科学	1.88	2.57	2.22	1.92	5.21	1.48	1.94	1.20	1.40	2.60	1.62	1.17	1.60	1.28	0.39	1.16	1.16	1.92
护理	2.18	2.03	4.68	1.84	2.16	1.10	1.64	1.02	2.61	1.48	1.26	2.44	1.84	1.32	2.51	1.15	1.44	1.91
化学工程	2.04	1.98	1.91	2.01	1.85	1.99	1.91	2.02	1.98	1.77	1.89	1.84	1.67	1.94	1.61	1.98	1.49	1.88
药理学，毒理学和药剂学	2.04	2.86	1.96	2.04	1.62	1.97	1.73	1.63	2.11	1.63	1.66	1.88	1.52	1.37	1.18	1.75	1.40	1.82
能源	2.07	1.79	1.97	1.89	1.75	1.88	1.86	1.89	1.64	1.75	1.80	1.82	1.60	1.60	1.79	1.78	1.61	1.79
物理学和天文学	1.93	1.93	1.89	1.94	1.82	1.88	1.79	1.77	1.92	1.66	1.72	1.74	1.72	1.79	1.46	1.55	1.51	1.78
生物化学、遗传与分子生物学	1.90	1.80	1.90	1.78	1.76	1.72	1.81	1.70	1.59	1.60	1.65	1.82	1.74	1.69	1.24	1.59	1.42	1.71
工程	2.29	1.66	1.71	1.66	1.77	1.72	1.74	1.75	1.89	1.70	1.59	1.57	1.66	1.51	1.70	1.56	1.34	1.71
艺术与人文	3.15	1.44	2.09	2.18	1.60	1.28	2.06	1.47	1.13	1.56	1.55	1.20	1.50	1.93	1.08	1.43	1.19	1.68
环境科学	1.93	1.80	2.05	1.67	1.63	1.68	1.80	1.90	1.48	1.43	1.62	1.43	1.42	1.49	1.79	1.44	1.14	1.63
农业与生物科学	1.91	1.87	1.73	1.73	1.92	1.76	1.74	1.66	1.44	1.45	1.77	1.26	1.48	1.33	1.90	1.41	1.58	1.63
计算机科学	2.62	1.58	1.67	1.73	1.86	1.51	1.83	1.55	1.48	1.92	1.53	1.36	1.63	1.03	1.49	1.28	1.17	1.61
数学	2.17	1.55	1.76	1.73	1.68	1.70	1.47	1.50	2.11	1.92	1.72	1.25	1.55	1.19	1.23	1.19	1.26	1.60
经济学，计量经济学和金融学	2.08	1.25	1.61	1.72	1.69	1.96	1.83	1.52	1.97	1.53	1.55	1.74	1.44	1.00	1.53	1.60	1.26	1.60
心理学	1.81	1.20	1.34	1.54	2.73	1.14	1.21	1.64	1.24	2.34	1.90	2.01	1.14	1.52	0.85	1.16	0.93	1.57
地球与行星科学	1.55	1.71	1.91	1.75	1.47	0.82	1.57	1.49	1.48	1.42	1.65	1.70	1.51	1.28	1.54	1.36	1.10	1.52
社会科学	2.24	1.25	1.65	1.56	1.77	1.49	1.35	1.33	1.41	1.42	1.33	1.17	1.22	1.00	1.56	1.17	1.23	1.41
决策科学	2.00	1.15	1.48	1.21	1.25	1.43	1.63	1.22	1.23	1.50	1.25	1.31	1.22	0.79	2.99	1.11	1.12	1.33
商业、管理和会计	1.77	1.08	1.60	1.35	1.34	1.43	1.59	1.36	1.01	1.32	1.27	1.04	1.12	0.86	1.13	1.08	1.00	1.26
总计	2.18	1.99	1.96	1.95	1.94	1.88	1.87	1.79	1.76	1.74	1.72	1.70	1.65	1.64	1.63	1.58	1.48	1.80

图 50　在显著性全球前 1000 主题中（新）一线城市覆盖前沿的的学科影响力（FWCI）

（5）小结

总体而言，在城市表现上，北京在前沿领域的贡献度和影响力上非常突出，广州、上海、南京、武汉等城市则属于在前沿性、贡献度和影响力都较好的城市。东莞、苏州、郑州等城市虽然目前总体影响小、贡献度不足，但其主导性较大的主题其前沿性非常好，深圳在前沿性发展很好的情况下，其影响力也逐渐发展起来了。尤其沈阳在老工业基地改革图强的过程中，研究的前沿性表现突出。其他城市在前沿性、贡献度和影响力的表现上则都不十分突出。

在领域分布上，在全球前沿主题的学科分布结构中，（新）一线城市在前沿分布较多的工程、生物化学/遗传与分子生物学、医学学科上表现还不足，前沿主题分布在比较传统的化学、化学工程、能源、材料科学、医学等学科，但除医学学科外，影响力普遍较小。

4 研究结论

在国家综合国力迅速提升的过程中，我国参与世界学术研究前沿的程度得到了极大的提升，这种提升不仅表现在学术成果的数量上，本文的研究表明，我国在学术研究的前沿领域的参与上也表现出来了长足的进步，逐渐表现出了与研究成果相对应的地位，但研究的水平还需要大力提升，总体已接近前沿参与情况最好的美国。但在前沿和热点研究的发展态势上，我国整体

和各城市总体上参与和紧随得多，但引领得少。

在领域分布上，我国和（新）一线城市引领和紧随前沿研究情况较好的领域是数学/计算机科学与工程学、化学/化工与材料科学、物理学、地球科学、生态/环境科学与工程、生物/农业科学与工程、能源与矿业工程。总体在工程技术领域的前沿研究参与情况好于自然科学领域。在学科分布上，（新）一线城市前沿主题分布在比较传统的化学、化学工程、能源、材料科学、医学等学科，但除医学学科外，影响力普遍较小。在工程、生物化学/遗传与分子生物学、医学等全球前沿学科分布较大的学科上表现还有差距。

在地域与城市分布上，我国参与全球学术前沿的机构分布在为数不多的城市中，主要是沿海城市，内陆城市的参与情况相对较差。从研究前沿的数据来看，北京的表现尤为突出，上海、南京、武汉、广州的表现较好，杭州在自然科学研究、西安在工程技术研究表现不错，其他城市在前沿研究上的参与和表现则没有那么突出。从主题前沿的数据来看，北京和中科院的表现非常突出，之后的（新）一线城市（新）一线城市中，北京的表现非常突出，广州、上海、南京、武汉等城市表现也较好；东莞、苏州、郑州、深圳、沈阳等城市无论是作为后发城市还是改革城市在研究的前沿性上表现都非常突出，尤其深圳虽然整体贡献还有限，但影响力已经迅速提升了上来；而其他城市的表现则较一般。

参考文献：

[1]薛晓源,李惠斌.当代西方学术研究前沿报告:2006-2007[M].华东师范大学出版社,2007.
[2]李欣荣,王永生.中国老年健康医疗研究现状及学术研究前沿统计与分析[J].数字与缩微影像,2018(4):5.
[3]李春顶.2018 年国外国际贸易学术研究前沿[J].中国流通经济,2019,33(12):10.
[4]张文英.舆情前沿问题研究--中国天津舆情研究学术论坛文集(2013)[M].天津社会科学院出版社,2013.
[5]史宪睿.企业集成创新及其评价研究(学术前沿研究)[M].北京师范出版社,2010.
[6]童玉芬,武玉,王莹莹,等.″中国城市人口问题研究——前沿与展望″全国学术研讨会会议综述[J].人口与经济,2012(1):2.
[7]甘琳,李刚.国家政策与学术前沿的嬗变——2016 年前后智库研究文献的比较分析[J].图书情报知识,2020.
[8]田秀桃.21 世纪物理学的前沿及研究特点[J].科技信息(学术研究),2008,000(023): 101-102.
[9]肖天存.催化研究的前沿——环境催化[J].国际学术动态,1999(3):1.
[10]兰裕涵.中药治疗多囊卵巢综合征的学术研究与进展[J].健康前沿,2018.
[11]李建军,雷湘凌.动物生物技术研究伦理学的前沿进展——第一届中-荷生物技术研究伦理学学术会议观点综述[J].自然辩证法研究,2010(1):4.
[12]袁晓如,张昕,肖何,等.可视化研究前沿及展望[J].科研信息化技术与应用,2011,2(4):11.
[13]李韵婷,郑纪刚,张日新.国内外智库影响力研究的前沿和热点分析——基于 CiteSpaceV 的可视化计量[J].情报杂志,2018,37(12):8.
[14]赵蓉英,郭凤娇,赵月华.科学计量学主流研究领域与热点前沿研究[J].图书情报工作,2015(2):66-74.
[15]Frane, Adam, Borut, et al. Social Capital: Recent Debates and Research Trends[J]. Social Science Information, 2016, 42(2).
[16]李双成,赵志强,王仰麟. Urbanization Process and Effects of Natural Resource and Environment in China: Research Trends and Future Directions[J]. Progress in Geography, 2009, 28(1).
[17]Li L, Song J, Wang F, et al. IVS 05: New Developments and Research Trends for Intelligent Vehicles[J]. IEEE Intelligent Systems, 2005, 20(4):10-14.
[18]Rahman M, Brazel C S. The plasticizer market: an assessment of traditional plasticizers

and research trends to meet new challenges[J]. Progress in Polymer Science, 2004, 29(12):1223-1248.
[19]Maraun D, Widmann M. Statistical Downscaling and Bias Correction for Climate Research: Frontmatter[J]. 2018, 10.1017/9781107588783(10):135-140.
[20]Rosa L. Computing the Extended Synthesis: Mapping the Dynamics and Conceptual Structure of the Evolvability Research Front[J]. Journal of Experimental Zoology Part B Molecular & Developmental Evolution, 2017, 328(5).
[21]Mumu J R, Hoque R, Azad M, et al. Application of Machine Learning Techniques in Chronic Disease Literature: from Citation Mapping to Research Front[J]. International Journal of Industrial and Systems Engineering, 2021, 1(1):1.
[22]John, D, Wade, et al. Australasian peptide chemistry Research Front[J]. Chemistry in Australia, 2017(Feb.):13-13.
[23]科技日报.“亟待攻克的核心技术”系列报道，2018 年 4 月 19-7 月 3 日。
[24]Office of the Deputy Assistant Secretary of the Army (Research & Technology) . Emerging Science and Technology Trends: 2017-2047—A Synthesis of Leading Forecasts.2017.
[25]UNDP. Development 4.0: Opportunities and Challenges for Accelerating Progress towards the Sustainable Development Goals in Asia and the Pacific. https://www.asia-pacific.undp.org/content/rbap/en/home/library/sustainable-development/Asia-Pacific-Development-40.html.
[26]Boppana V. Chowdary. BOOK OF ABSTRACTS：The International Conference on Emerging Trends in Engineering & Technology (IConETech-2020), http://conferences.sta.uwi.edu/iconetech2020/documents/IConETech-2020 Book of Abstracts-rev Final.pdf.
[27]李文强,李海波,迟永峰,等.新时期我国软科学研究前沿热点研究——基于软科学文献的知识图谱分析(2008-2018)[J].科技管理研究,2020,40(5):10.
[28]高恩新.国际公共行政研究前沿及趋势:基于 2009-2018 文献计量分析[J].上海行政学院学报,2020(1):10.
[29]Christopher King, David A. Pendlebury.2013 研究前沿[R].汤森路透,2013.
[30]中国科学院文献情报中心,汤森路透知识产权与科技事业部,新兴技术未来分析联合研究中心.2014 研究前沿[R].中国科学院文献情报中心,汤森路透，2014.
[31]中国科学院文献情报中心,汤森路透知识产权与科技事业部,新兴技术未来分析联合研究中心.2015 研究前沿[R].中国科学院文献情报中心,汤森路透,2015.
[32]中国科学院科技战略咨询研究院,中国科学院文献情报中心,Clarivate Analytics,2016 研究前沿[R].中国科学院科技战略咨询研究院,中国科学院文献情报中心,Clarivate Analytics,2016.
[33]中国科学院科技战略咨询研究院,中国科学院文献情报中心,科睿唯安.2017 科学前沿[R].中国科学院科技战略咨询研究院,中国科学院文献情报中心,科睿唯安,2017.
[34]中国科学院科技战略咨询研究院,中国科学院文献情报中心,科睿唯安.2018 科学前沿[R].中国科学院科技战略咨询研究院,中国科学院文献情报中心,科睿唯安,2018.
[35]中国科学院科技战略咨询研究院,中国科学院文献情报中心,科睿唯安.2019 科学前沿[R].中国科学院科技战略咨询研究院,中国科学院文献情报中心,科睿唯安,2019.
[36]中国科学院科技战略咨询研究院,中国科学院文献情报中心,科睿唯安.2020 科学前沿[R].中国科学院科技战略咨询研究院,中国科学院文献情报中心,科睿唯安,2020.
[37]中国科学院科技战略咨询研究院,中国科学院文献情报中心,科睿唯安.2021 科学前沿[R].中国科学院科技战略咨询研究院,中国科学院文献情报中心,科睿唯安,2021.

[38]中国工程院战略咨询中心,科睿唯安,全球工程焦点 2017[R].高等教育出版社,2017.
[39]中国工程院战略咨询中心,科睿唯安,全球工程前沿 2018[R].高等教育出版社,2018.
[40]中国工程院战略咨询中心,科睿唯安,全球工程前沿 2019[R].高等教育出版社,2019.
[41]中国工程院全球工程前沿项目组.全球工程前沿 2020[R].高等教育出版社,2020.
[42]中国工程院全球工程前沿项目组.全球工程前沿 2021[R].高等教育出版社,2021.
[43]中国科学院文献情报中心.2015 研究前沿及分析解读[M].科学出版社,2016.
[44]中国科学院科技战略咨询研究院,中国科学院文献情报中心,科睿唯安[M].2018 研究前沿及分析解读[M].科学出版社,2019.
[45]周秋菊,冷伏海.中美科研实力比较研究：基于《2019 研究前沿》的分析[J].中国科学基金,2021,35(01):112-121.
[46]周秋菊,冷伏海.中美科研实力比较研究:基于《2018 研究前沿》的分析[J].中国科学基金,2021,35(1):10.
[47]冷伏海,赵庆峰,周秋菊.中美科研实力比较研究:基于《2017 研究前沿》的分析[J].中国科学基金,2018,32(02):231-240.
[48]冷伏海,赵庆峰,周秋菊.中美科研实力比较研究:基于《2016 研究前沿》的分析[J].中国科学基金,2017,31(01):48-65.
[49]冷伏海,赵庆峰,周秋菊.中美科研实力比较研究:基于《2015 研究前沿》的分析[J].中国科学基金,2016,30(01):8-19.
[50]郑琼洁,张鸿雁.基于“五力模型”的城市创新力指标体系研究[J].现代城市研究,2021(01):2-8.
[51]刘华军,曲惠敏.中国城市创新力的空间格局及其演变[J].财贸研究,2021,32(01):14-25.
[52]张宏远,毛泽见,朱国军.基于因子分析的长三角中心城市创新力研究[J].南京工业大学学报(社会科学版),2020,19(06):99-110+112.
[53]张宏远,朱国军,万玉鑫.上海和香港城市创新力的比较研究[J].江苏海洋大学学报(人文社会科学版),2020,18(06):123-131.
[55]周悦,张铭哲,杨艳东.城市创新力与人口发展协调性的考量研究——基于北京、上海、深圳、杭州四大城市的多维指标比较[J].科技和产业,2019,19(03):23-28.
[56]袁毅,曹俊泽.基于专利数据的上海与杭州城市创新力比较研究[J].科技创新导报,2019,16(34):261-263.

作者介绍：
杨珪（1986-），男，重庆黔江人，四川大学发展规划处工作人员，助理研究员，硕士，主要从事社会学、高等教育管理研究；
罗雯琪（1996-），女，四川成都人，四川大学发展规划处工作人员，硕士，主要从事高等教育管理研究；
戴睿（1988-），男，四川大邑人，四川大学发展规划处工作人员，助理研究员，博士，主要从事高等教育管理研究；
许智淑（2000-），女，四川泸州人，四川大学商学院 2019 级本科生，主要从事公司金融、会计学研究；
黄晴明（2001-），男，湖南娄底人，四川大学机械工程学院 19 级本科生，主要从事机械制造研究；
齐佰超（1998-），男，山东菏泽人，四川大学经济学院 2021 级研究生，主要从事经济史研究；
杨玥（2001-），女，四川泸州人，四川大学华西口腔医学院 2019 级本科生，主要从事口腔医学研究；
曹丽（1986-），女，四川泸县人，四川大学—香港理工大学灾后重建与管理学院工作人员，硕士，主要从事灾害社会学研究。

通讯信息：
杨珪,四川省成都市双流区西航街道江安花园 11-1-10,610207;15208209787(微信同号);guiyang@scu.edu.cn。